

HD30.255
D55
1996

**AVALIAÇÃO ECONÓMICA DE EXTERNALIDADES
ESTUDO DOS IMPACTES COM ORIGEM NO SECTOR ENERGÉTICO**

Maria Gabriela Soares de Menezes Prata Dias

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Economia e Política da Energia e
do Ambiente

Orientação do Dr. Rui Jorge Fernandes Ferreira dos Santos

Constituição do Júri de Prova:

Doutor Álvaro Gonçalves Martins Monteiro
Doutor Vítor Manuel da Silva Santos
Dr. Rui Jorge Fernandes Ferreira dos Santos

Outubro de 1996



**AVALIAÇÃO ECONÓMICA DE EXTERNALIDADES
ESTUDO DOS IMPACTES COM ORIGEM NO SECTOR ENERGÉTICO**

Maria Gabriela Soares de Menezes Prata Dias

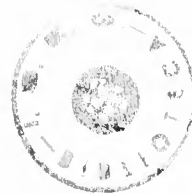
Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Economia e Política da Energia e
do Ambiente

Orientação do Dr. Rui Jorge Fernandes Ferreira dos Santos

Constituição do Júri de Prova:

Doutor Álvaro Gonçalves Martins Monteiro
Doutor Vítor Manuel da Silva Santos
Dr. Rui Jorge Fernandes Ferreira dos Santos

Outubro de 1996



Agradecimentos

Ao Dr. Rui Jorge Fernandes Ferreira dos Santos pela orientação concedida, pela valiosa opinião crítica, grande incentivo e amizade com que acompanhou o evoluir desta dissertação.

Aos Prof. Pedro Miranda, Prof. Bento Coelho, Prof. Carmona Rodrigues, Eng^a Isabel Sepúlveda e Eng^o Luís Gomes pelo tempo concedido e auxílio prestado na análise do estado-da-arte da avaliação de impactes ambientais.

Aos meus Pais, familiares e amigos próximos pelo apoio ilimitado durante a execução deste trabalho.

Índice

| | |
|---|---------|
| Introdução | 0 - 1 |
| I - Os Sitemas Energéticos e a Qualidade Ambiental | I - 1 |
| 1. Os Principais Impactes Associados ao Sector Energético | I - 2 |
| 1.1. Os Impactes Terrestres | I - 3 |
| 1.2. Os Impactes Atmosféricos | I - 3 |
| 2. Estratégias de Protecção Ambiental Associadas ao Sector Energético | I - 4 |
| 2.1. As Soluções Tecnológicas e Não Tecnológicas de Conservação de Energia | I - 4 |
| 2.2. A Regulamentação, Instrumentos Fiscais e os Acordos Internacionais | I - 5 |
| 2.3. A Abordagem Económica do Ambiente | I - 7 |
| II - Fundamentos da Economia do Ambiente e o Conceito de Externalidade | II - 1 |
| 1. Uma Relação Simbiótica | II - 3 |
| 2. Uma Relação de Indiferença e Neutralidade | II - 3 |
| 3. Uma Relação Conflituosa | II - 4 |
| 3.1. O Mercado Corrigido | II - 4 |
| 3.2. A Emergência da Economia do Ambiente | II - 7 |
| 4. Do Estado Estacionário ao Desenvolvimento Sustentável | II - 8 |
| 4.1. O Estado Estacionário e o Crescimento Zero | II - 8 |
| 4.2. O Conceito de Desenvolvimento Sustentável | II - 9 |
| (i) Uma Aproximação Económica Global | II - 9 |
| (ii) Uma Aproximação Ecológica do Desenvolvimento Sustentável | II - 10 |
| 5. Os Grandes Paradigmas | II - 12 |
| 6. Uma Abordagem Ética | II - 13 |
| 7. As Externalidades e Bens Públicos | II - 15 |
| 8. A Poluição Como Externalidade | II - 16 |
| 9. A Externalidade Óptima | II - 18 |
| 10. Algumas Consequências Práticas | II - 20 |
| 11. Internalização Económica dos Impactes Ambientais | II - 20 |
| 11.1. A Internalização Pigouviana | II - 21 |
| 11.2. A Teoria dos Direitos de Propriedade e o Teorema de Coase | II - 23 |
| III - Avaliação Económica de Impactes Ambientais | III - 1 |
| 1. Medidas de Monetização de Alterações de Bem-Estar Individual e Colectivo | III - 1 |

| | |
|---|----------|
| 1.1. O Excedente do Consumidor, Variação Compensatória e Equivalente | III - 2 |
| 1.2. O Valor Económico Total | III - 3 |
| 2. Metodologias de Análise Económica de Impactes | III - 5 |
| 2.1. A Análise Custo-Benefício | III - 5 |
| 2.2. A Análise Custo-Eficácia | III - 5 |
| 2.3. A Análise Risco-Benefício | III - 6 |
| 2.4. A Análise Multicritério | III - 6 |
| 3. Métodos de Avaliação Económica de Impactes | III - 7 |
| 3.1. Mercados de Substituição | III - 10 |
| (i) Despesa Preventiva ou Custo de Substituição | III - 10 |
| (ii) Preços Hedónicos | III - 11 |
| (iii) Custo de Viagem | III - 14 |
| 3.2. Mercados Hipotéticos | III - 15 |
| (i) Avaliação Contingencial | III - 15 |
| 3.3. Monetização de Impactes Físicos | III - 18 |
| (i) Relação Dose-Resposta | III - 18 |
| 3.4. Outros Métodos | III - 21 |
| (i) Custo de Oportunidade | III - 21 |
| (ii) Modelo Estocástico de Utilidade | III - 22 |
| (iii) Transferência de Benefícios | III - 22 |
| 4. A Incerteza, Risco e Irreversibilidade | III - 25 |
| 5. A Actualização e o Ambiente | III - 26 |
| 5.1. A Taxa de Preferência Temporal Social e o Custo de Oportunidade do Capital | III - 27 |
| 5.2. Críticas à Actualização | III - 28 |
| 6. A Actualização e Sustentabilidade | III - 29 |
| IV - Proposta de Metodologia de Avaliação das Externalidades Associadas às Fileiras Energéticas | IV - 1 |
| 1. Alterações na Política Energética | IV - 4 |
| 2. Aumento da Capacidade de Oferta de Energia | IV - 5 |
| 2.1. Construção e Funcionamento da Nova Central | IV - 5 |
| (i) Avaliação Física de Impactes | IV - 7 |
| 2.2. Restrições e Sinergias à Avaliação Económica | IV - 15 |
| (i) Métodos de Avaliação Económica | IV - 16 |
| 2.3. Análise de Externalidades | IV - 16 |
| V - As Externalidades de Utilização de Energia: Caso de Estudo | V - 1 |
| 1. Caracterização do Caso de Estudo | V - 1 |
| 2. Os Impactes e a Avaliação Económica | V - 3 |
| VI - Conclusão | VI - 1 |
| VII - Bibliografia | VII - 1 |

Introdução

O sector energético representa um dos de maior peso na economia de uma sociedade, não só pela dependência a que estamos sujeitos no quotidiano, como pela capacidade de movimentar interesses económicos, pelas múltiplas fontes e formas em que se apresenta e pelas diferentes alterações de bem-estar e dano ambiental que é capaz de provocar. No entanto, a sensibilização dos responsáveis do domínio da energia para os problemas ambientais e dos actores do contexto ambiental para os problemas do sector energético é uma tarefa que começou, nos últimos anos, a dar os primeiros passos.

A vontade de ver mais forte a ligação entre os interesses da actividade energética e as preocupações ambientais consistiu assim na primeira motivação para a execução deste trabalho. Por outro lado, acreditamos que a análise económica poderá constituir um dos elos de ligação entre as duas disciplinas, pois estão já lançadas as bases para o desenvolvimento dos mecanismos de contabilização das externalidades das actividades económicas.

A exiguidade de literatura em Português sobre avaliação económica de externalidades, concorreu também para a vontade de execução desta dissertação.

Por fim, gostaríamos de poder também aqui contribuir para a sistematização das acções no campo da economia da energia e do ambiente, pelo que avançamos com a proposta de uma metodologia de apoio à decisão nesta matéria, tendo em consideração uma análise multidisciplinar e a possibilidade de avaliar economicamente os impactes incorridos ao longo das fileiras energéticas. Para sustentar esta iniciativa, foi também executada uma revisão do estado de conhecimento científico na modelização de impactes sobre os diferentes receptores e identificadas as principais áreas de dano ambiental a considerar na avaliação de projectos de energia.

Esta dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos. O primeiro versa a relação entre a actividade dos sistemas energéticos e a sua responsabilidade na deterioração da qualidade ambiental. O segundo capítulo faz uma revisão dos fundamentos do pensamento sobre economia e ambiente e aborda ainda a questão da definição de conceitos como seja, a noção de poluição enquanto externalidade e a internalização económica de externalidades. No terceiro capítulo são identificadas e analisadas as principais metodologias e métodos de avaliação económica de impactes e dedica uma rápida apreciação às questões da incerteza, actualização e sustentabilidade. Os dois últimos capítulos descrevem, respectivamente, uma proposta de metodologia de

apoio à avaliação das externalidades associadas às fileiras energéticas e a exploração de um caso de estudo de avaliação das externalidades associadas à fileira da biomassa.

I - Os Sistemas Energéticos e a Qualidade Ambiental

A sociedade moderna vive extremamente dependente da capacidade de oferta de energia. Todo o tecido industrial, a actividade agrícola e a satisfação das necessidades do sector doméstico passa pela determinante energética. A energia, enquanto bem de consumo final, é adquirida para satisfazer um sem número de funções, em que se incluem o aquecimento/arrefecimento, a iluminação, utilização em equipamentos do processo produtivo de outros bens e serviços. A energia não é um bem de consumo com um fim em si, mas representa o meio essencial de fazer funcionar equipamentos susceptíveis de satisfazer necessidades. Resta agora ter um conhecimento mais aprofundado não só das relações da economia com a energia, mas também da **economia** com a **energia** e com o **ambiente**.

Hoje em dia existe toda uma série de factores que determinam a procura e a oferta de energia de um país ou região, entre os quais se destacam: a natureza do clima, a extensão do território, a estrutura da produção, as escolhas tecnológicas, os hábitos de transporte, a localização espacial do tecido industrial, a dotação inicial de recursos, e mais recentemente, as preocupações ambientais, que se reflectem sobre todos as condições apontadas anteriormente.

Já não basta o conhecimento dos elementos explicativos tradicionais - a estrutura da produção, o progresso tecnológico e a evolução do preço da energia - quando se pretende analisar ou propôr medidas de política energética, pois a relação que existe entre o consumo energético e o crescimento económico é complexa e ultrapassa largamente estas três determinantes. A tendência é que sejam cada vez mais as medidas de preservação da qualidade ambiental a ditar as regras da produção, tanto ao nível da energia e matérias primas utilizadas, como da tecnologia empregue, e não mais apenas a dotação de recursos dessa região e o preço da energia aí praticado.

Por outro lado, um dos factores dominantes do debate contemporâneo sobre energia diz respeito à incerteza pois, apesar de existirem mecanismos de previsão é ainda muito forte a incerteza no domínio da economia de energia. A história económica dos últimos trinta anos tem revelado que não só nos devemos interessar com a evolução do consumo de energia ao nível mundial, o ritmo de crescimento económico, a estratégia dos principais decisores (em particular dos países exportadores de petróleo e gás natural), mas atribuir maior hegemonia aos impactes ambientais associados à exploração dos recursos energéticos. Cada vez mais as nações devem ter em consideração este último factor na elaboração das escolhas energéticas e na observação previsionista dos respectivos balanços energéticos.

Se por um lado, a preocupação pelos impactes ambientais associados à utilização de energia parecem estar a assumir importância, por outro, há que não descurar os impactes económicos das escolhas energéticas, as questões de segurança nacional e suas consequências no comércio internacional e tentar conciliar estas rubricas.

Teoricamente, os custos das operações de controle da poluição são mais simples de calcular do que os custos externos resultantes da ocorrência de poluição, pois os primeiros correspondem apenas ao custo de investimento em novas tecnologias mais eficientes ou dispositivos de tratamento, que foram previamente testados. Todavia, convém não incorrer em custos de controle superiores aos custos dos impactes ambientais. No que diz respeito aos incentivos à redução da poluição, segundo Porrit *et. al.* (1993), a história mostra-nos que não têm sido ainda suficientemente importantes, sendo apenas aplicados a uma selecção de novos recursos e não tanto aos mais poluentes. O mesmo autor acrescenta ainda que, por alguma razão, é possível atrair os melhores cérebros e por vezes, um grande volume de capital para novas tecnologias energéticas e eficiência dos processos de geração de electricidade, porém, em contraste, é muito difícil conseguir a atenção dos conselhos de administração e dos órgãos gestores das empresas para a melhoria da eficiência da utilização de energia. Este facto deve-se talvez à exigência de substituições de equipamento ou a numerosos ajustes de pormenor para atingir uma recompensa satisfatória, ou ainda à pequena representatividade dos custos com a energia face ao total dos custos da actividade.

1. OS PRINCIPAIS IMPACTES ASSOCIADOS AO SECTOR ENERGÉTICO

Apesar de não ser do nosso século a percepção social da necessidade de preservação do ambiente, é só nos finais dos anos 60 e nos anos 70 que os problemas ambientais começam a sensibilizar seriamente a opinião pública, encontrando-se hoje na ordem do dia.

A relação entre a energia e o ambiente é complexa, podendo mesmo assumir formas múltiplas. São inúmeros os impactes que podem ser associados às várias fases da exploração e utilização final de um recurso energético. Estes danos/benefícios podem ainda ter repercursões ao nível local, internacional ou mesmo planetário. A energia é assim um dos responsáveis pela poluição do planeta. A poluição de origem energética é um problema crucial dos países industrializados da mesma forma que o é nos países em vias de desenvolvimento.

De facto, não existe nenhuma fonte ou forma de energia absolutamente neutra do ponto de vista ambiental. A utilização de qualquer recurso energético é responsável por impactes ambientais mais ou menos fortes que se fazem repercutir ao nível da saúde humana, nos ecossistemas e no domínio socioeconómico. Esses danos são normalmente designados de custos externos ou externalidades, por não serem reflectidos no preço de mercado da energia.

De uma forma geral, dois tipos de poluição de origem energética poderão ser distinguidos: os impactes terrestres e os impactes atmosféricos.

1.1. Os impactes terrestres

A poluição dos solos e das águas são normalmente as mais debatidas neste capítulo, pois poderão ser inúmeros os impactes aqui apontados como consequência da exploração dos recursos energéticos.

A deflorestação devasta áreas imensas para a utilização da biomassa para fins energéticos e matéria-prima de processo industrial, é um dos principais responsáveis pela erosão do solo, pela acumulação de resíduos nos deltas dos rios e as consequentes inundações e redução da biodiversidade. A própria exploração de minas e poços petrolíferos são capazes de provocar consequências nefastas de cariz ambiental.

O aproveitamento dos recursos hídricos para a produção de energia provoca também toda uma série de imposições no biota associadas às alterações do ecossistema fluvial. A produção convencional e transporte de electricidade, tem também as suas consequências nocivas para o ambiente: a eutrofização de alguns cursos de água pelos resíduos das centrais térmicas; a deposição de cinzas, até à própria intrusão visual provocadas pelas centrais e pelas linhas eléctricas.

1.2. Os impactes atmosféricos

A deterioração de um certo número de indicadores de nível da poluição atmosférica suscitou a tomada de consciência das sociedades pela necessidade de se interessar pelos responsáveis deste fenómeno e de buscar soluções especialmente adaptadas ao seu carácter transfronteiriço. Os problemas da destruição da camada de ozono, do "efeito de estufa" e as chuvas ácidas são apenas alguns dos fenómenos de escala local e global de que a utilização de energia tem uma quota parte da responsabilidade. A queima de combustíveis fósseis representa cerca de 80% das emissões antropogénicas de CO_2 e, quando juntamos a biomassa, representa cerca de 70% das emissões de N_2O . (Gicquel, Renaud; 1992).

A utilização final de energia fóssil é a principal responsável pelas emissões de grande parte de gases tóxicos (dióxido de enxofre, SO_2 ; óxidos de azoto, NO_x ; monóxido de carbono, CO) e de compostos orgânicos voláteis (COV).

As consequências destas emissões constituem fenómenos mais ou menos complexos, pois dependem de factores como as quantidades emitidas, as sinergias entre os gases, as características climáticas, orográficas e geográficas dos locais de emissão, entre outros. Sabendo que umas das mais importantes características da poluição atmosférica diz respeito ao seu carácter transfronteiriço e à capacidade de se combinar com outras poluições, a poluição atmosférica exerce as suas consequências principalmente sobre a saúde humana, a fauna, a flora, os materiais e a produtividade das culturas agrícolas.

Hoje em dia, apesar de existir já alguma investigação realizada sobre os problemas associados à poluição, ainda não são conhecidas todas as consequências reais que poderão ocorrer no globo.

2. ESTRATÉGIAS DE PROTECÇÃO AMBIENTAL ASSOCIADAS AO SECTOR ENERGÉTICO

Para limitar ao máximo a ocorrência de impactes negativos sobre o ambiente resultantes da actividade de utilização de energia, três tipos de soluções poderão ser empreendidas.

2.1. As soluções tecnológicas e não-tecnológicas de conservação de energia

Este tipo de medidas deverão ser consideradas como prioritárias em todos os níveis da cadeia energética. As perdas energéticas em equipamentos pouco eficientes ou obsoletos, constituem um dos mais importantes consumidores de energia e responsáveis por poluição desnecessária.

A evolução espectacular do consumo energético dos últimos anos acompanhado de crescimento económico e progresso científico colocou à disposição da humanidade tecnologias mais eficientes, menos consumidoras e menos poluidoras. A introdução destas tecnologias poderão resolver um certo número de impactes locais ou mesmo eliminá-los. Por exemplo, a instalação de despoeiradores nas chaminés das centrais térmicas e a generalização da utilização dos combustíveis sem chumbo constituem bons exemplos de medidas actuais de redução da poluição e dos respectivos efeitos nocivos. A produção de electricidade em turbinas a gás de ciclo combinado constitui também outra forma de obviar um certo número de impactes tanto pela maior eficiência da tecnologia como pela menor nocividade do combustível.

A utilização das energias renováveis tem vindo cada vez mais a assumir representatividade, por constituírem um recurso barato, nalguns casos abundante, e de desenvolvimento local, capazes de servir de apoio à satisfação das necessidades de energia da sociedade.

Porém, a generalização destas novas tecnologias depende de um certo número de factores não-tecnológicos. Primeiro, depende do preço que cada economia está disposta a pagar por substituir as anteriores, com ou sem despesa suplementar de investigação e desenvolvimento. Em segundo lugar, é necessário levar a cabo políticas de gestão da procura em que se pretende fazer o consumidor compreender e actuar no sentido da conservação de energia (utilização racional de energia) e da diversificação das fontes de energia utilizadas (nomeadamente pela utilização das fontes de energia renováveis). Estas medidas possibilitam a redução dos consumos em energia primária, mantendo ou aumentando a satisfação em termos de energia útil.

Para concretizar estas medidas há que, não só otimizar o sistema de oferta mas também reduzir a intensidade energética nos processos que consomem energia.

As crises energéticas do nosso século já demonstraram bastante bem como as sociedades são vulneráveis a interrupções ou restrições do fornecimento de energia, e/ou a grandes oscilações nos preços dos combustíveis. As preocupações ambientais

surgem como um novo e forte justificativo para a execução de políticas de conservação de energia. Medidas de utilização racional de energia e de utilização de "tecnologias limpas", bem como a diversificação das fontes de energia primária deverão sustentar a orientação das políticas energéticas ao lado de preocupações com a redução da dependência energética face ao exterior e ao aumento dos níveis de conforto, produção, produtividade, mobilidade e oferta de serviços energéticos de uma economia.

Apesar da orientação do crescimento económico e da cada vez maior necessidade de energia verificados nos últimos anos, estes poderão evoluir paralelamente a uma maior eficiência energética, ou com a contribuição crescente de fontes de energia com menor componente em carbono, vidé energias renováveis. Opções como esta, constituem o objectivo dos programas Comunitários Altener, SAVE e Joule-Thermie, possivelmente a completar com a introdução de regulamentação adequada.

2.2. *A regulamentação, instrumentos fiscais e os acordos internacionais*

Apesar da existência de incertezas científicas e técnicas, os princípios já aqui evocados de salvaguarda da qualidade ambiental devem inspirar as políticas e medidas de concertação internacional. A experiência tem sugerido que qualquer incentivo à protecção ambiental através da introdução de medidas de utilização racional de energia e de protecção da qualidade ambiental só serão bem sucedidas se apoiadas em diplomas legais dirigidos ao sector.

As aproximações políticas à protecção ambiental podem assumir a forma de taxas sobre a poluição/energia; regulamentação, planeamento e selecção de recursos; emissão de quotas de poluição para atingir níveis regulamentares a baixo custo; e inclusão dos custos ambientais nas contas nacionais. Por exemplo, a emissão de quotas de poluição transaccionáveis no mercado, foram pioneiras nos EUA, no *Clean Air Act*, como forma de minimizar os custos de redução das emissões de SO₂ e NO_x (os precursores das chuvas ácidas).

Considerando a sustentabilidade económica e ambiental, existe já um corpo significativo de opiniões (em que se inclui a OCDE) advogando a necessidade de institucionalização de um fundo para os recursos naturais, tendo em conta a sua depreciação tal como a de qualquer outro bem capital. Começa, no entanto, a reconhecer-se que as necessidades de controlo e comando necessitam de apoio, pois falham por não atingir o desafio da prevenção da poluição não incentivando a indústria a baixar até aos níveis regulamentares, o que tem resultado em custos desnecessários e maiores de redução da poluição a jusante do processo industrial.

A política ambiental tem inúmeros meios à sua disposição com o intuito de preservar o ambiente e a saúde humana e, longe de serem incompatíveis. Assim, por exemplo, um dispositivo fiscal poderá apoiar e ser apoiado por uma aproximação

regulamentar. A seguir apresentam-se algumas medidas de que os governos se podem servir no sentido de actuarem na preservação e melhoria da qualidade ambiental.

As **taxas sobre a poluição** têm como objectivo mostrar aos produtores de bens e serviços os sinais exactos que no mercado os fará seleccionar os seus recursos, tendo em conta os impactes ambientais. Ao poluidor é afectada uma taxa tal que, o preço do bem produzido reflecte o seu verdadeiro custo social. Sendo um produtor racional, este procurará os meios que evitem ter de pagar a taxa. Assim, os lucros retirados de tal actuação, bem como o interesse fiscal actuarão como força motivadora de diminuição da poluição. Os governos que desejem fazer subir os seus rendimentos, poderão considerar interessante a criação de taxas aplicadas sobre os poluidores, fazendo-os pagar pelos danos causados à sociedade. Porém, esta taxa poderá ser também posteriormente e indirectamente reflectida nos preços mais altos da energia e dos produtos.

As taxas sobre a poluição também têm impactes económicos negativos, tal como qualquer outro tipo de taxa, pois executam-se igualmente sobre todos os produtores, qualquer que seja a sua condição económica, conseguindo mesmo provocar situações difíceis para algumas empresas. Numa perspectiva ideal, a tarificação reflecte os prejuízos causados à sociedade por um poluente mas, se as taxas são demasiado leves, os poluidores saberão não serem suficientemente fortes para tomarem medidas de redução de poluição. Por outro lado, se o comum das taxas se revela suficiente, afectando o comportamento industrial, as taxas de poluição têm probabilidade de ter um efeito significativo também na sua redução e na inovação tecnológica, tendo em vista os mesmos fins. Contudo, para evitar impactes económicos fortes é de considerar a sua redução, paralelamente as outras taxas, com o objectivo de aliviar alguns sectores.

Pelo cariz transfronteiriço que apresenta a problemática da poluição, as taxas poderiam, por hipótese, ser instauradas internacionalmente, prevendo a competição em pé de igualdade entre países. Pois, se são impostas unilateralmente, torna-se necessário tomar medidas de protecção interna das economias. Se o produto da tarificação for assimilado com as outras receitas fiscais, poderá servir para corrigir as consequências macroeconómicas nefastas da fiscalidade ambiental: perdas de competitividade ligadas ao aumento dos custos de produção ou dos preços de consumo que provoca.

A **regulamentação** consiste em impôr limites quantitativos às emissões de substâncias tóxicas ou à utilização de alguns bens. Tem em vista tornar previsíveis os efeitos sobre o ambiente, na medida em que se apoia em normas de preservação definidas com precisão. A regulamentação pode assumir diferentes formas: normas de poluição individual, obrigação de utilização de determinados sistemas de produção, ou dispositivos de tratamento. Esta ferramenta implica custos de adaptação por parte dos agentes, o que poderá ainda constituir um travão ao progresso técnico pois fixa os métodos a utilizar.

A regulamentação encontra-se sujeita aos constrangimentos políticos que nem sempre têm em conta o objectivo da protecção da saúde humana ou do ambiente, bem como o excessivo tempo que levam a ser promulgados, faz com que rapidamente se desactualize. As coimas, por não cumprimento das regras estabelecidas, também poderão ser tão baixas que se tornam preferíveis à aquisição de uma tecnologia mais eficiente. Evidentemente, é necessário acautelamento para a não ocorrência de situações desta natureza. Não é usual considerar a regulamentação, mesmo a mais bem definida, economicamente eficaz, pois não minimiza o custo total para atingir um objectivo de qualidade de ambiente; por outro lado, exclui do seu âmbito as emissões de poluentes difusos.

O princípio de um mercado de **direitos de poluição ou quotas de poluição** (*tradable permits*) consiste em transformar os efeitos externos da poluição em bens de mercado. Se um produtor tem uma certa quota de mercado que pode usar para poluir, mas as suas emissões são superiores, então pode optar por comprar mais quotas, ou reduzir a poluição e colocar as suas quotas à venda. A definição dos direitos deve ser de grande precisão: duração, condições de renovação, tipo de transacções autorizadas. A dimensão do mercado assim organizado deve ser suficiente do lado da oferta e da procura, para evitar posições dominantes e de oligopólio que poderão dar origem a especulações.

A emissão de títulos de poluição pressupõe a existência de uma autoridade controladora que poderá aplicar sanções aos agentes emissores que ultrapassem o valor permitido pelas quotas que possui. Os incentivos criados por este sistema pretendem assegurar que os agentes utilizem a flexibilidade oferecida para atingir os objectivos ao menor custo.

A **aproximação contratual** consiste noutro tipo de situação que surge quando trabalhadores de uma instalação sofrem com a incidência de determinado tipo de doença(s), ou quando as taxas de mortalidade de origem ocupacional são elevadas. Existindo consciência deste facto, o contrato de emprego prevê compensações pelos riscos acrescidos. Desta forma, já não existe externalidade relevante dentro dos parâmetros definidos acima. Pela aproximação contratual a internalização das externalidades pode tomar a forma de: transferências monetárias e compensações; definição de regras de divisão de reservas escassas; e a alocação de quotas.

2.3. A abordagem económica do ambiente

A economia, enquanto ferramenta de apoio à decisão e à avaliação ambiental surge como uma das aproximações mais ambiciosas e sofisticadas de internalização de danos/benefícios. Tal como as empresas têm a sua contabilidade organizada, não dando azo a grande polémica, o mesmo já não acontece com a valorização e organização dos custos associados à degradação ambiental e à redução de bem-estar social e económico.

Há assim a necessidade de adoptar uma metodologia capaz de contabilizar estes danos e/ou benefícios ambientais e socioeconómicos resultantes actividade humana, nomeadamente associada ao sector energético.

No que diz respeito ao sector energético, é emergente a necessidade de integrar as preocupações ambientais na política estabelecida, designadamente através da introdução dos instrumentos económicos na política ambiental. Isto é, a escolha das diferentes fontes/formas de energia e tecnologias passa a não ser apenas regida pelo preço, mas também pelos indicadores de performance ambiental das diferentes tecnologias, de forma a permitir comparações entre elas; a existência da necessidade de avaliar os benefícios e os custos associados aos níveis padrão ambientais está presente na definição de estratégias, e por fim é dada mais atenção à estruturação das diferentes iniciativas políticas de promoção da competitividade dos mecanismos de mercado no sector energético (privatização, subsídios e a liberalização dos mercados de energia).

Os imperativos ambientais constituem hoje já uma das preocupações número um de muitas nações e organizações internacionais, consequentemente, este objectivo requer a definição, medida e apoio da sustentabilidade e investigação no campo da avaliação das externalidades. No sentido de se poder integrar a dimensão ambiental no domínio económico e político, é necessário saber qual a informação técnica e científica disponível, os benefícios e custos da execução ou não de determinadas acções e avaliar as características ambientais de determinada área e a capacidade de desenvolvimento das mesmas. Para isto, é necessário valorizar as externalidades em termos monetários de forma a poderem ser introduzidas no mercado (p.e. no sistema produtivo ou nas contas nacionais), internalizadas e consequentemente reduzir os riscos ambientais.

É no sentido de contribuir para a melhoria da capacidade de informação relativa aos aspectos ambientais, valorização destas componentes com vista à execução de uma metodologia de análise custo-benefício e num futuro próximo, a inserção da dimensão ambiental nas contas nacionais, que se apresenta o conceito de externalidade, as diferentes metodologias de quantificação económica de impactes já experimentadas e a proposta de uma metodologia para o estabelecimento de prioridades no processo de decisão, aplicadas ao sector energético.



II - Fundamentos da Economia do Ambiente e o Conceito de Externalidade

O papel básico dos economistas consiste na descrição e análise dos processos económicos em curso. Todavia, nos últimos duzentos anos os economistas não têm sido apenas chamados a analisar, teorizar, descrever e medir a cena económica, mas também a intervir no planeamento e no aconselhamento e a ter uma participação activa na condução dos assuntos da vida em sociedade.

A reflexão sobre a problemática de afectação dos recursos é pouco pacífica e tão antiga como a própria análise económica, na realidade esta não poderia existir sem um substrato biofísico que a sustente (Klint; Alcantará, 1994). No passado, a produção era aceite como um benefício, contudo, esta incorre em custos que só há pouco tempo se tornaram alvo de preocupação (Daly, 1992). A restrição do campo económico, através da economia neoclássica, ao universo dos bens apropriados e valorizados, levanta um sério problema sobre os bens que têm valor de uso¹ mas não têm valor de mercado, como é o caso dos bens ambientais. A produção consegue esgotar o *stock* de recursos naturais finitos (matérias primas e energia), ao mesmo tempo que inunda o ecossistema de resíduos resultantes dos seus processos. A produção actual continua a crescer à custa da produção futura e do cada vez mais delicado e ameaçado ambiente. Daqui resulta a suposta necessidade de estabelecer critérios de valorização para estes bens que se encontram fora do mercado real.

Será verdadeiramente possível à economia considerar de forma equilibrada o seu relacionamento com o ambiente? Os autores fisiocratas advogavam que a economia se deveria submeter às leis do universo. Mas, com o advento da perspectiva económica neoclássica a economia tornou-se uma ciência autónoma que se vira para dentro de si e procura definir as suas próprias leis, em que o mercado não só é o mecanismo de regulação económica e social, mas também da natureza (Faucheux, 1995). Segundo uma outra abordagem mais recente - a **economia ecológica**², apoiada na escassez e na não-infinitude dos recursos naturais, defende que o ecossistema contém a economia. O ecossistema fornece assim à economia matéria e energia, que esta utiliza segundo regras de produtividade sustentável e não segundo o poder de compra dos indivíduos. Com a inversão do centro geométrico da problemática sobre economia e ambiente, a afectação dos recursos deixa de ser determinada pelos preços, mas sim por uma decisão social que reflecte os limites ecológicos. (Daly, 1992)

¹ A noção de valor de uso é desenvolvida no capítulo III desta dissertação.

² *ecological economics*, tal como designada na literatura anglo-saxónica. Abordagem particularmente defendida por autores contemporâneos como Herman Daly, Georgescu-Roegen e Boulding, entre outros.

Mas voltando um pouco atrás, a teoria económica medieval assentava em considerações morais, o grau de desenvolvimento técnico encontra-se próximo do da Antiguidade, nomeadamente no que diz respeito às técnicas agrícolas. Retorna-se então a uma vida puramente rural.

Nos séculos XIV e XV prosseguiu o desenvolvimento comercial. Também a indústria (mineira, metalúrgica e têxtil) se desenvolveu em função das necessidades. Aparecem então as modernas monarquias, em que o mais premente problema dos governos consiste na obtenção de maiores réditos. A este facto associa-se o aparecimento do Mercantilismo. O afluxo de capitais à agricultura leva por vezes a mudanças importantes nos modos de exploração.

Passa-se sucessivamente de uma economia de subsistência a uma economia conquistadora assente nos rendimentos e na rentabilidade. A evolução técnica e da economia provocam a ruptura com a natureza, enfrentando a economia mundial inúmeras crises de que se destacam as crises ambientais.

Durante os anos 50 do nosso século, o crescimento económico tornou-se uma das principais preocupações que, guiado pela inovação tecnológica, parecia oferecer um progresso ilimitado. Nos anos 60 a poluição ambiental intensificou-se despertando o interesse e inquietação das sociedades desenvolvidas e abrindo caminho a muitas das ideologias que cristalizaram no seio do ambientalismo, constituindo os antecedentes da emergente economia ambiental. A partir dos anos 70 a ciência dá passos importantes na investigação sobre a poluição. Estes fenómenos de dimensão local, regional e/ou transfronteiriça, tornam-se alvo de tentativas de controle sob a ajuda de técnicas de despoluição. A evolução recente dos problemas de ambiente, depois do final dos anos 80, dedicou à regulação global da biosfera uma actualidade que não mais foi perdida. No limiar do século XXI, a tomada de consciência pela gestão e preservação do ambiente surge assim numa tentativa de obviar um decréscimo dos serviços prestados pelo ambiente.

São já numerosos os autores que se debruçam sobre a problemática do papel da economia na gestão e preservação do ambiente, dando lugar à criação de novas doutrinas e à organização histórica do pensamento sobre economia e ambiente. Neste sentido, a abordagem ecológica da economia, constitui uma das diferentes correntes e aproximações à organização dos fundamentos da economia e do ambiente.

A seguir apresentam-se subsídios de alguns autores para a organização e sistematização do processo de evolução histórica da relação economia e ambiente. Um primeiro autor, Jean-Philippe Barde (1991) defende a possibilidade de individualizar no tempo quatro fases ou tipos de relações entre a economia e o ambiente: (1) uma relação de "simbiótica"; (2) uma relação de indiferença ou de neutralidade; (3) uma relação conflituosa; e finalmente, (4) do estado estacionário ao desenvolvimento sustentável. Propomo-nos como primeiro passo seguir a organização proposta por Barde, com o objectivo de poder obedecer a uma lógica temporal de exposição deste processo evolutivo, mas ao mesmo tempo adicionando e estendendo-nos a outras contribuições de autores e correntes que nos pareceram significativas.

1. UMA RELAÇÃO SIMBIÓTICA

Da Idade Média ao Mercantilismo a economia assenta essencialmente na agricultura e no comércio, num mundo ainda sem contornos precisos. Na era das grandes descobertas e dos grandes navegadores; numa economia ainda de subsistência para a grande maioria, a natureza mostra-se austera e impõe ao homem as suas leis.

Durante o século XVIII, a reflexão económica conhece um avanço importante com a escola Fisiocrata e a força de Quesnay (1694-1774), que elaborou uma nova visão da economia e a sua relação com o ambiente. Segundo esta linha de pensamento, a produção da terra consistia na única forma de criação de riqueza, as actividades não agrícolas representavam apenas trocas e transformação. Assim, a boa gestão económica passava por uma submissão às leis da natureza e a esfera económica inscreve-se na esfera biológica.

É então por alturas da Revolução Industrial que é marcado o verdadeiro divórcio do homem com a natureza.

Dois anos após a morte de Quesnay, Adam Smith publica a *Riqueza das Nações*, publicação que marca o início da economia clássica e posteriormente neoclássica.

2. UMA RELAÇÃO DE INDIFERENÇA E NEUTRALIDADE

A economia afirma-se progressivamente como ciência "neutra" e mecânica. A partir do Renascimento, as ciências sociais, políticas e económicas tomam uma nova autonomia, o Mercantilismo coloca em evidência as motivações egoístas dos indivíduos como motor da vida económica e política. Os grandes percursos desta filosofia foram Maquiavel, com *O Príncipe* (1532); Hobbes, com *Léviathan* (1651) e Mandeville com *Fábula das Abelhas* (1705). Com a *Teoria dos Sentimentos Morais*, A. Smith (1723-1790) fundamenta a economia nas motivações e interesses dos indivíduos, seguida então por Bentham (1748-1832) e James Mill (1773-1836), que instituem o utilitarismo como fundamento do pensamento económico clássico. A economia torna-se então uma ciência mecanicista, do homem a-moral e a-natural e apartada da natureza.

A economia desenvolve-se como ciência pura, definida por Walras como "a teoria da determinação dos preços num regime hipotético de livre concorrência absoluta" (*Elementos de Economia Pura*, 1874). Esta evolução do pensamento económico teve consequências evidentes na relação do homem com a natureza, perdendo-se toda a referência ética a que hoje se chama "desenvolvimento sustentável". Adam Smith chega mesmo a escrever que o homem "é uma espécie de mercado e a sociedade no seu todo uma sociedade de comércio" (cf. *A Riqueza das Nações*), onde também o capital natural é considerado como um bem livre e inesgotável.

Assim, separada da natureza e de toda a referência ética, a economia furta-se aos instrumentos de análise que, posteriormente, poderão ser afectos a uma melhor gestão ambiental.

É, porém, necessário fazer justiça aos fundadores da ciência económica moderna, os "grandes clássicos" que estabeleceram os limites quantitativos e

qualitativos do crescimento económico, mas que simultaneamente colocaram os fundamentos de um sistema de pensamento que exclui a natureza do campo económico.

3. UMA RELAÇÃO CONFLITUOSA

3.1. O Mercado Corrigido

No final do século XIX, a economia apenas conhece dois fenómenos: a produção e o consumo. Um bem produzido é absorvido pelo consumo e um produto, assim que é vendido perde a sua existência económica. Os resíduos, fenómenos não monetários não aparecem na esfera económica. Da mesma forma, a economia apenas conhece um tipo de produção: a que se troca no mercado contra moeda.

Porém, à saída do processo produtivo, encontram-se pelo menos dois tipos de "produtos": os produtos destinados à venda e os resíduos.

A realidade económica não se reduz assim apenas a uma simples dicotomia entre produção e consumo, mas inscreve-se numa dialética mais complexa que engloba a produção, o consumo e os resíduos. Desta forma, o importante reside no facto de que não criamos nada, mas transformamos os recursos em bens económicos e em resíduos, simultaneamente. Desta feita, o consumo não consiste apenas na utilização ou destruição dos bens, mas sim na sua transformação em resíduos. De uma forma simplista, estes resíduos e poluições constituem perdas de matéria, que devem ser controladas sob a forma de perdas e de nascenças.

A partir do momento que a economia ignora um fenómeno, esse facto resultará em erros de gestão. Os resíduos não têm valor económico, como tal não são fonte de preocupação. Os recursos naturais, como sejam o ar e a água, considerados como "bens livres, disponíveis sem restrição", não são objecto de uma gestão racional, tal como acontece aos bens que estão associados a um valor económico. Se, pelo contrário, um valor monetário é afecto ao conjunto dos recursos ambientais (problemática da tarifcação de recursos) entram então na esfera económica, tal como acontece com os outros factores de produção: capital, trabalho, e consumos intermédios que entram no processo produtivo.

Este facto faz-nos abrir aqui um parêntesis para abordar a noção de **Externalidade**³, que designa todo e qualquer fenómeno que não se traduz por uma troca monetária no mercado, logo é ignorado por todo o sistema económico. É pelo facto de existirem externalidades em relação ao mercado que estes fenómenos foram apelidados de *efeitos externos* (custos ou benefícios).

Para utilizar a noção de externalidade é necessário precisar ao que se refere: "externo em relação a quê". Podem definir-se estes efeitos segundo esferas, desde o indivíduo, a comunidade, a região até à própria biosfera. Por exemplo, uma central termoeléctrica a carvão é emissora de gases poluentes (CO₂, NO_x, SO₂, etc.) e cinzas

³ Algumas vezes as externalidades ou os custos externos são designados de "custos terceiros" (*third party costs*, cf. literatura anglo-saxónica). Assim, os primeiros dois elementos constituem o produtor e o consumidor, de forma que o custo terceiro irá ser aplicado sobre os indivíduos não directamente envolvidos na transacção económica entre os vendedores e os compradores. (Field, 1994)

para a atmosfera, causando efeitos nefastos sobre os materiais, a saúde humana, a produtividade das culturas agrícolas, e promovendo o aquecimento global do planeta, entre outros. As externalidades constituem assim os impactes sobre os agentes e actividades e que não estão a ser considerados pelo produtor de energia quando ele pratica determinadas escolhas.

A crítica ecológica está também baseada na incerteza do funcionamento dos sistemas ecológicos, o que torna inaplicável a análise económica das externalidades. Há externalidades que conhecemos. Porém, existem outras que embora conhecendo-as, não sabemos dar um valor actualizado, nem mesmo dizer se são positivas ou negativas.

Com o crescimento económico verificado no século XX, em particular nos anos 60 (nos países da OCDE, o volume do PIB foi multiplicado por 15 entre 1960 e 1990)⁴ acompanhado de uma proliferação de produtos novos e substâncias químicas, os efeitos externos, designadamente a poluição toma uma amplitude nova. De forma que, os economistas estão decididos a "corrigir o mercado", a fim de assegurar que este tipo de fenómenos seja tomado em consideração.

Alfred Marshall argumentou que os fenómenos de falhas no mercado poderiam influenciar o comportamento dos agentes económicos e afectar a sua função de utilidade, na ausência de qualquer transação. Surge então a noção de **economia externa**, que traduz a vantagem de que pode beneficiar um produtor (uma empresa) do simples facto da existência de outros produtores, sem que o primeiro efectue qualquer pagamento ao segundo. Por outro lado, o mundo é conhecido como um conjunto de vendedores e compradores, todos do tipo *homo oeconomicus*, cada um com um comportamento egoísta de tentar melhorar o seu bem-estar. O que faz com que "cada um seja conduzido por uma mão invisível que o leva a executar acções que não estão nas suas intenções" (Adam Smith, 1776).

Os problemas começaram então a surgir quando se pretendeu demonstrar rigorosamente a afirmação de Smith. Este foi o objectivo da teoria do bem-estar (*welfare economics*), versão normativa da teoria neoclássica. Esta teoria, de que foram autores Pareto no início do século XX e Pigou nos anos vinte, constitui o quadro analítico onde foi desenvolvida a noção de externalidade.

Em 1920, Pigou na sua obra *Economia da Riqueza*, cria a noção de "deseconomia externa" (termo elaborado posteriormente, que traduz os custos ou desvantagens que a actividade de um agente económico impõe a outro, na ausência de qualquer compensação financeira de qualquer troca no mercado). Assim, a poluição da atmosfera derivada das actividades industriais, transportes ou da produção de energia, provoca uma cascata de consequências negativas sobre a saúde, os materiais, a vegetação, entre outras, que não são alvo de qualquer pagamento compensatório ou alguma transacção de mercado. Para Pigou há claramente um responsável e um prejudicado. É assim dada evidência à problemática da divergência entre o custo privado e o custo social de uma actividade; só os custos privados são reflectidos no mercado, o que marca a presença de uma externalidade.

⁴ cf. OCDE, *Dados sobre o Ambiente*, compendium 1991.

Por outras palavras, inúmeras actividades produtivas, para além dos **custos privados** associados aos *inputs* utilizados nos seus processos (mão-de-obra, matérias primas, maquinaria, energia, etc.), incorrem num outro tipo de custo que não aparece representado nas contas da empresa, embora constitua um custo afecto à sociedade. No sentido lato poder-se-à dizer que têm um **custo social**, ou seja, representa o conjunto dos custos impostos à sociedade. Em termos económicos, um dos mais importantes exemplos de custos sociais não compensados consiste na degradação ambiental (custos externos ambientais).

Se se quiser obter *outputs* socialmente eficientes, as decisões sobre a utilização dos recursos deverão considerar ambos os tipos de custos: os custos privados de produção, e os custos externos que são impostos à colectividade.

Em termos de contabilização social total temos:

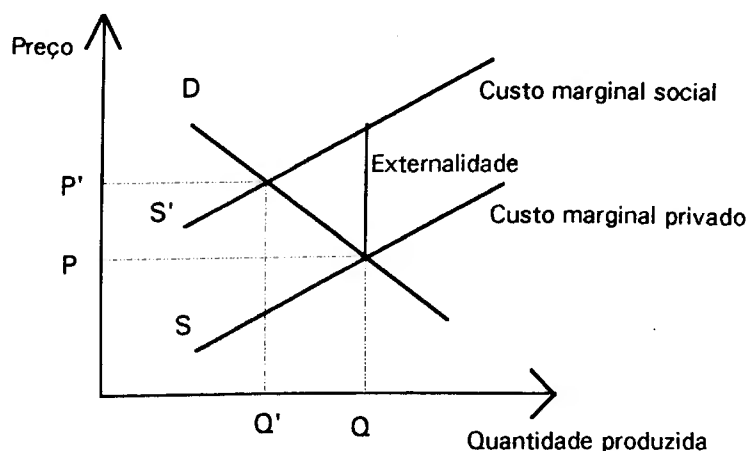
$$\text{Custos sociais} = \text{Custos privados} + \text{Custos externos (ambientais)}.$$

Este conjunto de custos externos ou "deseconomias" revela-se sob a forma de perda de bem-estar ou mesmo de perdas económicas, isto é, um custo social não compensado, imposto a terceiros, à margem de qualquer transacção voluntária. Por exemplo, se considerarmos uma central térmica de produção de electricidade instalada a montante de um rio e que nele descarrega resíduos do seu processo, provoca uma alteração na qualidade da água, que poderá levar consequentemente a uma redução do stock de peixes do rio. Como resultado, a população incorre em perdas financeiras e/ou recreativas. Se esta população não for compensada pela referida perda, a central a montante continuará a desenvolver a sua actividade considerando os danos causados a jusante como irrelevantes para eles. Diz-se então a unidade de conversão de energia estar a criar um **custo externo**. Um custo externo é também reconhecido como uma externalidade negativa, ou uma deseconomia externa.

Suponhamos agora uma actividade de produção industrial de um bem qualquer. Na ausência de regulamentação antipoluição ou intervenção fiscal e na presença de um mercado de concorrência perfeita para este bem, o preço e a quantidade produzida na situação de equilíbrio serão respectivamente P e Q (fig. 2-1).

Se considerarmos que existem custos não compensados sobre outros agentes, poderá dizer-se que há poluição, logo uma externalidade. O preço de mercado P não reflecte assim a totalidade dos custos inflingidos pela referida produção. O *output* de mercado, em termos de quantidade produzida é muito elevado, quando comparado com o *output* socialmente eficiente, ao mesmo tempo que o preço de mercado é muito baixo comparado com o preço socialmente eficiente.

Aos custos privados de produção deverão então ser somados os custos sociais extra envolvidos (em termos monetários), provocando uma movimentação da curva de oferta de S para S', ou seja, a passagem do custo marginal privado ao custo marginal social. A consideração destes custos, que correspondem à internalização da externalidade, provocam a determinação de um novo preço P' do bem, mais elevado e de uma quantidade produzida menor Q'.

Figura 2-1 Definição de externalidade, diferença entre custo privado e custo social

No mesmo sentido, o **custo social total (CST)** da produção de um dado bem que gere poluição é superior ao custo social efectivamente compensado, ou seja ao **custo privado (CP)**. Esta relação CST-CP representa o custo dos danos causados pela poluição, que se denomina de **externalidade, custo externo ou deseconomia externa**. Em resumo, verifica-se que alguns recursos são trocados no mercado e outros não; os primeiros são contabilizados e os segundos ignorados pelo cálculo económico.

A análise de custo-benefício, utensílio privilegiado de auxílio à tomada de decisões pela análise económica de dominante ambiental, inscreve-se igualmente na perspectiva neoclássica. Esta versão de utilitarismo implica que cada indivíduo maximise a sua própria utilidade, o que conduz a um máximo de bem-estar para a totalidade do sistema económico, à distribuição de rendimentos e riquezas dadas (mais adiante abordaremos de novo este conceito).

3.2. A Emergência da Economia do Ambiente

Os dois últimos decénios (1970-1990) conheceram um grande volume de reflexões teóricas e de experiências práticas no domínio da economia do ambiente. A aproximação pelos preços parece então ser indispensável, apesar das imperfeições, para assegurar uma gestão economicamente racional dos recursos ambientais. Mesmo se a valorização monetária é conceptualmente redutora, tecnicamente difícil e politicamente delicada, ela constitui um ponto de passagem obrigatório se se considerar o ambiente um recurso escasso, não podendo assim escapar ao princípio fundamental da economia: lutar contra a escassez e assegurar as arbitragens entre as necessidades múltiplas e concorrentes.

Neste contexto, a economia do ambiente evoluiu em quatro direcções:

(i) *Elaboração de técnicas de valorização em termos monetários dos fenómenos do ambiente e aplicação da análise de custo-benefício*: foram desenvolvidos alguns trabalhos pioneiros na Grã-Bretanha, aquando da implantação do terceiro aeroporto de Londres pela Comissão Roskill (fim dos anos 60). Nos EUA, abrem caminho à valorização dos recursos naturais, logo seguidos por outros elementos norte americanos e escandinavos. A partir de então estes métodos não deixam de ser aperfeiçoados. A adicionar a estes trabalhos deverão mencionar-se os estudos realizados sobre os efeitos irreversíveis e taxas de actualização (EUA, Grã-Bretanha e França), e as investigações sobre a compatibilidade patrimonial, os indicadores de ambiente e as contas nacionais.

(ii) *A concepção e desenvolvimento de instrumentos de política de ambiente*: são ferramentas alvo de grande atenção por parte dos economistas do ambiente e dos políticos. Os instrumentos de controle da poluição como sejam as taxas, os direitos de poluição, entre outros, constituem medidas de controle da poluição e de internalização das externalidades associadas à actividade económica, aplicadas no âmbito das políticas de ambiente.

(iii) *Investigação sobre a dimensão internacional dos fenómenos e políticas de ambiente*: Os problemas da alocação dos custos à escala internacional, no caso das poluições transfronteiriças deram lugar à elaboração de um importante corpo teórico, nomeadamente segundo estudos realizados em França, Canadá e Suécia.

(iv) *A reflexão sobre o estabelecimento de um processo de "desenvolvimento sustentável"* para a protecção dos recursos do planeta e com vista a estabelecer a difícil conciliação entre o desenvolvimento e a protecção do ambiente. Após os primeiros relatórios sobre o "efeito de estufa", os trabalhos económicos proliferaram neste domínio assim como os institutos de investigação.⁵

4. DO ESTADO ESTACIONÁRIO AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O estado estacionário constitui um tema lancinante do pensamento económico na medida em que se desconhece ainda se existem limites naturais ao crescimento.

4.1. O estado estacionário e crescimento zero

A. Smith antecipou a problemática do estado estacionário, designado mais tarde pelo Clube de Roma como "crescimento zero". Malthus (1766-1834) refere que a escassez dos recursos constitui um travão ao desenvolvimento económico. Tendo em conta os limites naturais, o crescimento demográfico acompanha um declínio do capital e da produção como consequência do crescimento.

⁵ Por exemplo, o Centro de Investigação Social e Económica do Ambiente Global, no Reino Unido; o Centro Internacional de Investigação sobre o Ambiente e o Desenvolvimento e o Centro de Economia, Espaço e Ambiente em França e o World Resources Institute nos EUA.

A teoria dos rendimentos de Ricardo (1772-1823) apresenta igualmente reflexões importantes sobre a escassez dos recursos e o crescimento económico. Nesta linha de pensamento, as terras mais férteis são as primeiras a ser cultivadas, de maneira que o crescimento económico exija a utilização de terras cada vez menos férteis. Estes rendimentos decrescentes da terra, do trabalho e do capital provocam um abrandamento do crescimento económico.

Após a 2ª Grande Guerra e em resultado do forte crescimento económico que se verificou começou a tomar-se consciência da multiplicação das poluições e do esgotamento dos recursos naturais. Este facto foi bem sentido aquando dos primeiros choques petrolíferos de 1973 e 1979, e consecutiva recessão económica na maior parte dos países industrializados: crescimento da inflação, sub-emprego, e poluição.

4.2. *O conceito de desenvolvimento sustentável*

Assiste-se agora a uma alteração dos valores, a ideia de crescimento económico pode contribuir para a protecção do ambiente, começando assim a delinear o seu caminho. A luta contra a poluição exige o desenvolvimento de tecnologias que poderão apenas aparecer num contexto de crescimento. Há então que colocar os mecanismos económicos ao serviço da protecção do ambiente.

A publicação do relatório da Comissão Mundial para o Ambiente e Desenvolvimento (relatório Bruntland) em 1987, definiu desenvolvimento sustentável como "um processo de mudança através do qual a exploração de recursos, a orientação de investimentos, os avanços técnicos e institucionais se encontram em harmonia e reforçam o potencial actual e futuro de satisfação das necessidades dos homens". Contudo, a definição de desenvolvimento sustentável não é unânime. Consoante os autores poderá ser defendida uma aproximação económica global ou uma aproximação ambiental ou ecológica.

- *Uma aproximação económica global*

Alguns autores (em que se incluem Charles Howe e Robert Solow) defendem que o desenvolvimento sustentável se define pelo conjunto de condições e elementos que permitem a manutenção ou crescimento do rendimento e do bem-estar económico. Assim, a promoção de um desenvolvimento como este implica um elevado número de factores, como sejam: gestão do crescimento demográfico, promoção do desenvolvimento técnico, crescimento do *stock* de factores que contribuam para o bem-estar, tarifcação dos recursos de modo a reflectir a sua raridade relativa e modificação da estrutura da produção e do consumo de modo a manter a um nível apropriado o *stock* de recursos escassos.

Por outro lado, devido às inúmeras interdependências económicas e ecológicas, esta problemática não se pode conceber à escala reduzida de uma nação. É por este facto que muitos autores insistem sobre a dimensão internacional, ou mundial, do desenvolvimento sustentável.

- *Uma aproximação ecológica do desenvolvimento sustentável*

A crítica ecológica da economia convencional está representada actualmente, entre outros autores por Daly, Georgescu-Roegen e Kapp. Esta vertente constitui uma especialização da economia neoclássica baseada na justaposição dos conceitos económicos e ecológicos.

A noção de desenvolvimento sustentável implica a gestão e manutenção de um *stock* de recursos e de factores de produtividade pelo menos constante, numa óptica de equidade entre gerações e entre países. Este *stock* compreende dois elementos diferentes: o *stock* de capital "artificial" - que inclui o conjunto de bens e factores de produção criados pelo homem; e o capital "natural" - ou os recursos naturais renováveis e não-renováveis (água, solo, fauna, flora, recursos do sub-solo, etc.).

O desenvolvimento sustentável exige regras de gestão específicas por diversas razões:

- o capital natural constitui um factor insubstituível do crescimento económico;
- os recursos naturais são fonte de bem-estar devido às suas características;
- alguns recursos não são renováveis e o seu esgotamento ou desaparecimento são irremediáveis;
- numerosos recursos não têm qualquer substituto artificial, por exemplo os ecossistemas reguladores (p.e. florestas tropicais).

Neste capítulo a vertente do pensamento económico designada de economia ecológica tem uma palavra a dizer na medida em que, como já foi referido atrás, o ecossistema integra a economia e não o contrário. As noções biofísicas fundamentais, segundo as quais se articula a economia ecológica são três:

a) A primeira consiste no reconhecimento da verdade elementar expressa na Primeira Lei da Termodinâmica, segundo a qual a matéria e energia não se criam nem se destroem, apenas se transformam. Esta teoria permite deitar por terra a noção de externalidade ambiental - entendida como algo ocasional - sabendo que, de acordo com este princípio, os resíduos são algo inerente ao processo de produção e de consumo.

b) A segunda lei é a da entropia ou Segunda Lei da Termodinâmica, ciência que, nas palavras de Georgescu-Roegen (1971), é precisamente uma física com valor económico. Assim, o que confere valor económico à matéria e energia é a sua disponibilidade para ser utilizada, por oposição à matéria e energia não disponível ou já utilizada, a que devemos considerar como resíduo no sentido termodinâmico.

c) A terceira noção apresenta uma dupla vertente. A primeira refere-se à impossibilidade de gerar mais resíduos do que os que o ecossistema é capaz de assimilar, sob pena de destruição dos mesmos e da vida humana. A segunda adverte para a impossibilidade de extrair dos sistemas biológicos mais do que o que seja considerado o seu rendimento sustentável ou renovável (Daly, 1992).

A execução de um processo de desenvolvimento sustentável implica utilizar utensílios de gestão aplicáveis aos problemas acima descritos, citam-se quatro a seguir (Barde, 1991):

- (i) *gestão da incerteza*, prevê em matéria de risco, o problema da deterioração ou esgotamento dos recursos, irreversibilidades, as preferências das gerações futuras e o progresso tecnológico.
- (ii) *métodos de avaliação de projectos*, o desenvolvimento sustentável não poderá realizar-se sem um conjunto de projectos e operações que compõem o processo de desenvolvimento (investimentos industriais, construção de infraestruturas de transporte, de turismo, agricultura, energia, etc.) que são conhecidos e realizados em função de critérios de "durabilidade".
- (iii) *tarificação de recursos*, princípio de base da economia do ambiente, constitui um instrumento essencial do desenvolvimento sustentável. Tem como objectivo assegurar que o preço dos recursos naturais reflecta efectivamente a sua utilidade e a sua raridade. Assim, o preço de um recurso como a floresta deverá incluir três elementos: o custo marginal de extracção e exploração; o custo marginal dos danos causados por esta exploração (p.e. a deterioração das funções ecológicas ou climáticas da floresta); o custo marginal da perda do recurso não renovável para as gerações futuras. Deverá ainda incluir-se nos preços dos bens e serviços efectuados sobre o mercado o custo social associado à sua produção e utilização (em particular o custo dos danos causados pela poluição).
- (iv) *modelação ecológica/económica*, considera que os recursos naturais não são infinitos e contêm a matriz natural da economia, de forma que a produção não prejudique as capacidades do ambiente ao longo do tempo. Por meio da teoria das externalidades, mostra-se que o mercado não tem em consideração, de forma espontânea, a esfera ecológica.

The reality that our system is finite and that no expenditure of energy is free, confronts us with a moral decision at every point in the economic process, in planning and development and production. What do we need to make? What are the real long term costs of production, and who is required to pay them? [...] We must have a new economics whose purpose is the husbanding of resources and the achievement of rational control over the development and application of technology to serve real human needs rather than expanding profits, welfare, or national prestige. (Daly, 1992).

O conceito de desenvolvimento sustentável representa o exemplo da tentativa de coexistência entre a protecção do ambiente e o desenvolvimento económico numa perspectiva global e a longo-prazo. Consiste assim numa aproximação pragmática da contribuição das ferramentas da economia na gestão dos recursos do planeta.

Não existirá desenvolvimento sustentável sem racionalidade económica. Neste sentido, há que criar uma coexistência pacífica entre a lógica ecológica e a lógica económica.

Assim, a luta contra o esgotamento dos recursos escassos revela-se uma disciplina incontornável que admite que os mecanismos de mercado poderão contribuir para a resolução de inúmeros problemas, como sejam: a luta contra a poluição e a

gestão dos recursos naturais. Desta forma, assume-se que a protecção do ambiente constitui um objectivo socioeconómico.

5. OS GRANDES PARADIGMAS

Segundo **David Pearce e Kerry Turner** (1990), as teorias económicas deverão ser analisadas num contexto mais vasto do seu enquadramento, por eles definido por **paradigma**, propondo assim uma diferente organização dos fundamentos do pensamento sobre economia e ambiente. Sabendo que existe uma interacção complexa entre a teoria científica e a ordem social - as atitudes face à natureza e à preservação/conservação serão alteradas de acordo com a evolução da humanidade e da natureza.

A história do pensamento económico é organizada por estes autores num primeiro grupo designado por **paradigma económico clássico**, que se desenvolve em torno das conjecturas defendidas pelos autores clássicos: Smith, Malthus, Ricardo e Mill, que deixaram um conjunto de ideias relevantes e que têm vindo a ser reintroduzidas no debate ambiental contemporâneo. A política económica clássica revelou o poder do mercado em estimular o crescimento e a inovação, mas manteve-se pessimista nas perspectivas de crescimento a longo-prazo. Pensava-se então que o crescimento económico constituía uma mera fase temporária entre duas situações de equilíbrio, em que a situação final representaria o limite de subsistência, ou o estágio estacionário. Durante o século XIX alterações fundamentais foram verificadas nestes padrões clássicos de pensamento com o surgimento do marxismo, neoclassicismo e o humanismo.

Vive-se posteriormente uma época dominada pelo **paradigma marxista**. Marx acreditava que o progresso consistia num processo de desenvolvimento natural inerente à história da humanidade. O progresso era assim definido em termos de avanço material e tecnológico, tornado possível pela exploração e "humanização" da natureza. O estado político considerava-se completamente desligado da natureza, criado como alternativa ao ambiente "natural". A natureza deveria assim ser humanizada através da ciência, de forma que o seu valor inerente fosse transformado em valor de uso.

Um terceiro **paradigma** é o designado de **neoclássico e humanístico**. Com os pensadores desta fase, que teve o seu início por volta de 1870, é abandonada a teoria do valor do trabalho e o preço dos produtos passou a ser determinado pela sua escassez. A concentração no valor da escassez permitiu que ambos os lados do mercado fossem avaliados simultaneamente. A interacção da oferta e procura determinava pois o preço de mercado de equilíbrio do referido produto. A actividade económica era então olhada como o resultado da interacção entre a actividade produtiva (determinada pelo progresso tecnológico) e as preferências individuais, incluindo todas as restrições a que estão sujeitos.



O **paradigma da economia institucional**, consiste numa doutrina minoritária que emergiu no início do século XX. Os defensores desta metodologia adoptaram o paradigma processual que entende a economia como um processo dinâmico e advogam a existência de um sector público dinâmico. A explicação da alteração socioeconómica é baseada num determinismo cultural, acreditando uns (neo-maltusianos) num sistema autoritário e outros em sistemas socialistas descentralizados, na implementação de políticas de protecção do ambiente. Os problemas ambientais são assim julgados como um resultado inevitável do crescimento económico nas economias industrialmente avançadas. Os institucionalistas aceitam a noção de custos sociais da poluição e enfatizam a importância das fundações ecológicas de qualquer sistema económico.

O **paradigma dos direitos de propriedade e a análise do balanço de materiais** resultam da interpretação convencional de um modelo de gestão ambiental. Segundo o primeiro paradigma, o poluidor e o "sofredor" poderiam compensar-se mutuamente através de um processo de direitos de propriedade. O mecanismo de mercado é aqui a entidade superior de controle do processo. Este primeiro paradigma tem a sua fundamentação no teorema de Coase. A aproximação pelo balanço de materiais pelo contrário, prevê a intervenção do estado no sentido de regular um processo (poluição) que é sintoma de uma falha do mercado, inevitável, justificada pelas leis da termodinâmica.

Os defensores do **paradigma ecológico e co-evolutivo** (entre os quais, Norgaard, 1984) questionaram seriamente a validade do determinismo biológico e do determinismo cultural como explicações do desenvolvimento. Os organismos não constituem apenas causas mas também efeitos do seu ambiente. O desenvolvimento económico poderá ser então interpretado como um processo de adaptação a um ambiente em mutação, constituindo ele próprio uma fonte de alteração ambiental. Os sistemas económicos tornam-se assim cada vez mais complexos à medida que o desenvolvimento prossegue. Desta forma, a evolução destes sistemas não é nem inteiramente determinística nem inteiramente estocástica, mas sim uma mescla de ambas. A perspectiva co-evolutiva define-se por permitir uma ligação entre a análise ecológica e económica e então, os limites físicos ao crescimento serem manifestações da crescente complexidade do sistema produtivo. Isto é, a subsistência individual depende da cultura e da tecnologia da sociedade.

6. UMA ABORDAGEM ÉTICA

Em Turner (1991), é apresentada uma nova organização dos fundamentos do pensamento sobre economia e ambiente, uma abordagem significativamente interessada no sentido ético da problemática dos recursos naturais e do ambiente. Turner reparte as acções neste domínio em quatro grandes atitudes após os anos 70.

Uma atitude **extremista**, dita preservacionista, centrada na preservação integral da biosfera. É dado um papel de preponderância à natureza definida numa base metafísica. Segundo este ponto de vista, a ética, sob a forma de moral natural detém o

primeiro plano das relações do homem com o universo. Estas correntes remontam no pensamento ocidental a Aristóteles. Daqui surgiram duas correntes de pensamento contemporâneas que aliam a metafísica da natureza à moral natural e que têm em comum encontrarem-se em posição adversária à economia no plano ambiental: hipótese Gaia⁶, forma geocêntrica de naturalismo metafísico e a corrente *Deep Ecology*⁷, forma biocêntrica de ética natural.

O segundo paradigma é domindado pela **eficiência económica** e pelo seu instrumento privilegiado: a **análise de custo-benefício**. Esta concepção fundamenta-se no utilitarismo e nos direitos de propriedade, deixando o mercado regular a exploração dos recursos. O optimismo tecnológico e as possibilidades de substituição em função dos preços deixam o terreno livre à exploração dos recursos naturais e do ambiente.

Uma atitude **conservacionista** constitui o terceiro paradigma. Neste grupo incluem-se os defensores da teoria do crescimento zero ou do estágio estacionário. Define-se aqui um ponto de vista antropocêntrico, distinto da primeira atitude. Diferencia-se igualmente do segundo paradigma pela preocupação face aos recursos naturais. As considerações éticas intergerações constituem aqui um ponto de preocupação. É defendido o sacrifício do crescimento actual em benefício das gerações futuras.

Por fim, uma atitude que vê nos recursos e nos problemas ambientais uma barreira ao crescimento económico, mas que considera a possibilidade de um **compromisso**, pelo auxílio de uma definição adequada das limitações a respeitar e de uma utilização hábil dos instrumentos económicos. Encontram-se neste grupo os mais ferverosos defensores do desenvolvimento sustentável. As considerações éticas inter e intragerações são tomadas em conta de forma equilibrada. O desenvolvimento actual não deverá ser sacrificado mas alterado de forma que as suas características o permitam durar.

A panorâmica atrás realizada sobre as diferentes formas de organização do pensamento económico face à preservação da qualidade ambiental, faz com que se compreenda melhor a relação da humanidade com o ambiente e de como este relacionamento influencia e é influenciado pelas instituições económicas e políticas. No sentido de consolidar e promover estas questões junto dos responsáveis pelo sector energético, continuaremos a explorar o conceito de externalidade e as metodologias de avaliação económica de impactes ambientais.

⁶ A ideia fundamental de Gaia, é a que a terra representa algo que ultrapassa a importância dos grupos humanos: a terra é ela própria um organismo vivo gigantesco, capaz de se autoregular e de se ajustar por ela própria às influências externas.

⁷ Esta corrente designa a concepção filosófica do mundo, fundada sob o primado da natureza, articulando-se em torno de considerações éticas e aplicando-se a todos os elementos da natureza e não somente ao homem. A natureza deverá ser preservada por ela própria e não para satisfazer o bem-estar das gerações presentes ou futuras. Cada ser vivo tem um direito igual de viver reconhecendo obrigações éticas de respeitar os ecossistemas enquanto tal. Autores como B. Deval e G. Sessions defendem esta teoria.

7. EXTERNALIDADES E BENS PÚBLICOS

Hoje há a consciência que uma função do tipo $Y=(K,L)$, ou seja, o *output* económico, ou o produto, é gerado por uma combinação de capital e trabalho, é insuficiente. Uma equação mais pragmática inclui uma série de outras variáveis que contribuem para o cálculo do potencial de uma economia. Assim, não só o produto mas também os resíduos e os efeitos externos, seriam função do capital, do trabalho, dos recursos naturais e do ambiente, nessa mesma economia. (Wright, 1991)

Desta feita, as empresas que actuam no mercado utilizam recursos e provocam efeitos que são sub-valorizados, ou mesmo desprovidos de indicador visível de valor, da mesma forma que utilizam qualquer outro recurso por que têm de pagar, incrementando a sua utilização até mais nenhum produto poder ser obtido a partir dessa utilização. Os sistemas de mercado geram assim poluição em grande parte devido à maioria dos *inputs* naturais utilizados na produção de bens e serviços não serem contabilizados pelas empresas. Da mesma forma, este fenómeno poderá ser observado ao nível macro pois, as contas nacionais não estão ainda dotadas de atributos que permitam reflectir a degradação dos recursos naturais do território a que dizem respeito.

The present national income accounts, and hence the gross national product and such measures as the national product, do not reflect the depletion and degradation of natural resources -- even where, as is the case in many developing countries, those resources are a primary source of national income. If a country whose primary wealth is in its forests, for example, were to cut down those forests and sell off the lumber, under the current system its GNP would increase. Yet such a country, having consumed its source of wealth, would be poorer and would have a less promising economic future. (Repetto, 1991 citado por Ottinger, 1992, pp232).

A característica fundamental das externalidades ambientais reside no facto de resultarem da utilização de bens naturais, com valor (p.e. água e ar limpos, paisagem, etc.) mas que não são vendidos no mercado. A maioria dos bens ambientais inclui-se na categoria dos bens sem valor de mercado.

Na literatura económica, estes bens normalmente designam-se de **bens públicos**. Os bens públicos têm características de não rivalidade no consumo e de não-exclusividade, o que significa que quando o bem é consumido por um agente, não diminui a quantidade consumida por outro. Desta forma, por exemplo, o consumo de "ar puro" por uma pessoa, não diminui a quantidade consumida por qualquer outra. Por outro lado, a não-exclusividade significa que um agente não pode impedir (ou excluir) outro de consumir o recurso. Por outras palavras, indica que o custo marginal de oferta deste recurso a uma pessoa adicional é zero.

As características da maioria dos bens ambientais revelam que o seu verdadeiro valor foi subestimado ou ignorado, conservando-se sem indicador de medida, sem preço e consequentemente ineficientemente explorados. Ou seja, esta ausência de preço (e não de valor) leva, naturalmente, à sobreexploração e à degradação correspondente. Por outro lado, as externalidades devem-se também a falhas no mercado por falta de intervenção (ausência de mercados ou de regulação). Refira-se, a título exemplificativo,

a perda de habitats e de valores paisagísticos, e a poluição da água devido à utilização de fertilizantes e pesticidas.

Muitos bens ambientais são também propriedade comum e com liberdade de acesso. Assim, a combinação de fracos poderes legais de propriedade e a ausência de protecção contra a sobreexploração, acompanhadas de utilização livre ou muito barata destes recursos levaram, nalgumas situações, ao esgotamento do recurso (por exemplo, floresta tropical, algumas espécies marinhas, a capacidade de assimilação dos resíduos pelos mares, etc).

Os bens públicos ambientais detêm certas especificidades que os caracterizam, tal como foram descritas acima, porém é de salientar ainda que as alterações na oferta ou disponibilidade do bem são mais ou menos irreversíveis, ou seja uma vez destruído, não poderá ser permutado por um substituto perfeito - o bem poderá ser único sem substitutos.

Para finalizar, Tietenberg (1996) resume em quatro funções que o ambiente cumpre e que são valorizadas positivamente na sociedade, assim:

- (i) constitui o sistema de suporte à vida;
- (ii) oferece à economia as matérias-primas e a energia que são transformadas em produtos para serem consumidos. Num estágio terminal o ambiente actua como receptor de resíduos, resultado da actividade produtiva e consumista da sociedade.
- (iii) Forma parte da função de produção de grande quantidade de bens económicos (p.e. processos produtivos que utilizam água, ar, etc.). O ambiente e os recursos naturais em geral, constituem a base sobre a qual se apoiam muitos processos produtivos, que seriam impensáveis na sua ausência.
- (iv) Proporciona bens naturais cujos serviços são procurados pela sociedade (paisagens, parques, etc.), formando parte da função de produção de utilidade das economias.

8. A POLUIÇÃO COMO EXTERNALIDADE

A definição económica de poluição subentende o resultado da actuação física dos resíduos sobre o ambiente e da reacção humana a esses efeitos. Os efeitos físicos poderão ser de cariz biológico (alteração de espécies, doença), químico (o efeito das chuvas ácidas nas superfícies dos edifícios), ou auditivo (ruído). Em consequência, a reacção humana poderá fazer-se sentir como uma expressão de desagrado, angústia, preocupação e ansiedade. Em suma, há uma perda de bem-estar.

É necessário agora fazer a distinção entre duas possibilidades para a definição de externalidade: a que cria um benefício - **externalidade positiva** e a que cria um custo - **externalidade negativa**. Esta última já vem sendo estudada ao longo deste capítulo. Porém, outra situação poderá ocorrer. Assim, se se considerar uma situação em que um agente gera um nível positivo de riqueza a terceiros teremos um **benefício externo** (externalidade positiva ou economia externa). Por exemplo, se um agricultor mantém a

produção agrícola num terreno dos arredores de uma área urbana, para além de fornecer à cidade o produto da suas culturas, está também a manter uma área de habitat para aves e outros pequenos animais bem como os valores paisagísticos para os transeuntes.

Em resumo, e debruçando-nos sobre o que mais nos preocupa, um custo externo existe quando as duas condições seguintes prevalecem:

- (i) a actividade de um indivíduo causa uma perda de riqueza a outro indivíduo e,
- (ii) a perda de riqueza não é compensada.

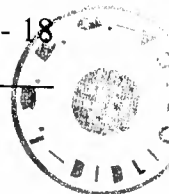
Note-se que são necessárias ambas as condições para que um custo externo exista. Se a perda de riqueza é acompanhada por uma compensação do agente que causa a externalidade, o efeito diz-se que foi **internalizado**.

Para além da divisão mais comum de externalidades que acima apresentámos, e tal como inicialmente proposta por Pigou, outras contribuições deverão ser aqui também mencionadas. Na discussão sobre o conceito de externalidade surgem ainda os nomes de Buchanan (1969) e de Meade (1952, 1973). Estes autores referem os conceitos de externalidades **pecuniárias** e externalidades **não-pecuniárias**. As primeiras surgem assim que a interacção entre os agentes passa pelo preço, por exemplo pela elevação do preço de mercado de um bem. Se uma empresa nova se instala numa dada região e faz aumentar o preço dos lotes de terreno industrial, este efeito cria uma externalidade negativa para as empresas aí já instaladas, que vêem crescer sem contrapartida o valor do terreno para onde poderiam eventualmente expandir.

Uma outra classificação possível é a atribuída pelo óptimo de Pareto⁸. Isto é, uma externalidade **Pareto relevante** representa toda a externalidade em que a sua internalização conduz a um melhoramento no sentido do óptimo de Pareto, ou seja há um ganho social líquido. Inversamente, é considerada **Pareto irrelevante** toda a externalidade em que a internalização não corresponde a um ganho social líquido. A internalização de uma externalidade deste tipo não se revela necessária do ponto de vista do óptimo de Pareto.

Por fim, Pearce (1976) introduziu a distinção entre **externalidades estáticas** e **externalidades dinâmicas**. As primeiras são, em geral específicas, localizadas, reversíveis e a sua solução faz-se pela internalização entre os agentes económicos. As segundas implicam efeitos ecológicos prolongados sobre o ambiente e não podem ser reduzidas apenas através de uma relação entre agentes fora do mercado. Exigem sim outros métodos para além da simples internalização.

⁸ Vilfredo Pareto (1848 - 1923) foi quem primeiro definiu o conceito de eficiência (óptimo), da seguinte forma: "A afectação eficiente ocorre quando nenhuma reorganização da produção pode melhorar a situação de alguém sem piorar a de outrem. Sob as condições da afectação eficiente, a satisfação ou utilidade, de uma pessoa pode ser aumentada apenas com a diminuição da de outra." (*in* Samuelson, 1993)



9. A EXTERNALIDADE ÓPTIMA

Por **danos**⁹ deverá entender-se o conjunto dos impactes negativos que experimentam os utilizadores do ambiente como resultado da degradação deste. Como foi já referido, estes impactes negativos podem assumir características muito distintas e variam consoante as situações em questão.

De forma geral, quanto mais elevado é o nível de poluição, maiores são os danos que produz (Field, 1994). Os custos de redução da poluição constituem o conjunto das despesas incorridas no sentido de fazer decrescer a quantidade de residuais emitidos para o ambiente, diferindo consoante o tipo de efluente em questão. Da mesma maneira, as formas de redução da poluição são diversas e poderão fazer-se através de: alterações nas tecnologias de produção, alteração das matérias-primas utilizadas, reciclagem, tratamento, abandono do local, etc.

Mas antes de decidir qual o método a utilizar na redução da poluição, há que saber determinar o nível óptimo de poluição.

O **nível óptimo de emissões** é definido pela situação em que os danos marginais são iguais aos custos marginais de redução da poluição. É inerente ao fenómeno da poluição um processo de troca: elevados níveis de poluição envolvem a sociedade, ou parte dela, em custos também elevados provocados pelos danos ambientais; por outro lado, baixos níveis de emissões provocam elevados custos de redução da poluição. O nível eficiente de poluição é assim o ponto em que estes custos se anulam, ou seja, onde os custos marginais de redução da poluição igualam os custos marginais dos danos (Field, 1994). Por outras palavras, o nível óptimo de poluição representará também a situação de óptimo Paretiana, pois só nessa situação é impossível fazer com que um dos agentes atinja uma situação melhor sem prejudicar o outro.

Na figura 2-2, o nível de actividade do poluidor, Q , está representado no eixo horizontal. Os custos e benefícios provocados pela poluição, em termos monetários, estão representados no eixo vertical. O **BLPM** é o benefício líquido privado marginal. O poluidor originará custos ambientais por desenvolver determinada actividade, recebendo simultaneamente lucros sob a forma de rendimento da actividade. Estes lucros e constituem o benefício líquido privado. O BLPM é assim a versão marginal deste benefício líquido, ou seja, o benefício líquido extra pela alteração do nível de actividade numa unidade.

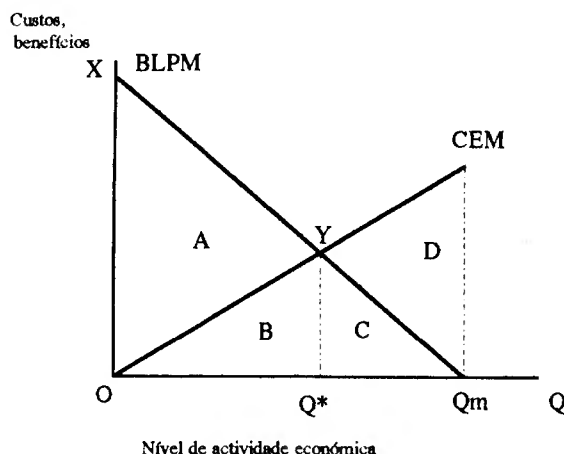
CEM representa o custo externo marginal isto é, o valor de dano adicional provocado pela poluição originada por aquela actividade, medido por Q . Este cresce no mesmo sentido que a actividade económica.

O nível óptimo da externalidade reside no ponto onde as duas curvas se intersectam, ou seja, onde BLPM é igual a CEM. Como ambas as curvas são marginais, as áreas abaixo delas representam valores totais. A área abaixo de BLPM designa o total do benefício privado líquido do poluidor, e a área abaixo de CEM o

⁹ A noção de danos/custos ambientais surge por oposição à de vantagem/benefício, ou seja como um malefício evitado. As duas designações dano e custo são aqui apresentadas de forma indiferente.

total dos custos externos. O objectivo da sociedade consiste assim em maximizar a diferença entre o somatório dos benefícios e o somatório dos custos. O triângulo OXY constitui então a maior área de benefício líquido possível. Assim, Q^* é o **nível óptimo de actividade**. Segue-se que o nível físico de poluição associado a este nível de actividade representa o nível óptimo de poluição.

Figura 2-2 Definição económica de poluição óptima



Como se trata de valores totais, a área triangular marcada por B na figura caracteriza o total dos danos quando o nível de actividade económica é Q^* . A área B ou OYQ^* é conhecida como o **nível óptimo de externalidade**. Admite-se aqui uma relação linear entre o nível de produção e o efeito externo (a poluição), que é uma função crescente da produção. Um nível de poluição zero implicaria uma produção nula.

Este resultado também pode ser obtido formalmente. Em Q^* , $BLPM = CEM$ e como CEM é igual à diferença entre o preço (P) do produto e o custo marginal da produção do produto poluente. Então, a soma dos custos marginais da actividade que gera externalidades representa o **custo social marginal (CSM)**.

Assim, quando $BLPM = CEM$ então, $P = CSM$. O preço iguala o custo marginal social, que é a condição para a satisfação do óptimo de Pareto. Ou seja, uma vez mais, representa a situação na qual, para uma repartição dada dos lucros, ninguém poderá fazer crescer os seus ganhos sem fazer diminuir os dos outros. Constata-se pois, que qualquer movimento a partir do ponto Q^* diminui as vantagens sociais líquidas.

Em resumo, é também possível definir externalidade, de acordo com a figura 2-2:

| | |
|------------|---|
| Área B | = nível óptimo de externalidade |
| Área A + B | = nível óptimo de benefícios líquidos para o poluidor |
| Área A | = nível óptimo de benefícios sociais líquidos |
| Área C + D | = nível de externalidade não óptima que necessita de ser alterada por alguma forma de regulação |

| | |
|--------|--|
| Área C | = nível de benefícios líquidos privados que não estão garantidos socialmente |
| Q* | = nível ótimo de actividade económica |
| Qm | = nível de actividade económica que gera o máximo de benefícios privados |

10. ALGUMAS CONSEQUÊNCIAS PRÁTICAS

A determinação do nível de actividade socialmente ótimo tem implicações práticas a quatro níveis na execução das políticas de ambiente:

(i) Em primeiro lugar ao nível ótimo de actividade corresponde um nível ótimo de custo da poluição (área OYQ*), que não é igual a zero. Assim, a procura de um máximo de bem-estar económico pode implicar a aceitação de um certo nível de poluição. Neste exemplo, a noção de poluição nula implicaria a produção nula, isto é a ausência total de actividade económica.

(ii) A determinação do ótimo colectivo não poderá ser feito sem ter em conta os efeitos externos; fala-se então de **internalização**. Deve-se corrigir as falhas do mercado, reintegrando as externalidades no cálculo económico.

(iii) A internalização exige uma primeira tarefa que consiste em **atribuir um valor monetário às externalidades**. Fazendo referência à figura 2-2, consiste em avaliar em termos monetários a recta CEM. Para isso são necessários métodos específicos de avaliação monetária das externalidades, que fazem o objecto desta dissertação.

(iv) A segunda tarefa necessária para a internalização dos custos externos consiste em implementar mecanismos que permitam que os custos externos sejam tomados em consideração no cálculo económico. Desta forma, os agentes económicos deverão receber um "sinal" do mercado que os obrigue a internalizar. Por exemplo, através de taxas, subvenções ou indemnizações, etc.

11. INTERNALIZAÇÃO ECONÓMICA DOS IMPACTES AMBIENTAIS

Nos manuais de Economia são dados exemplos de produção de um bem, em situações de capital, trabalho e tecnologias bem determinados, e que são utilizados logo que são adquiridos. Todavia, os bens ambientais encontram-se longe de possuírem um percurso como este.

Numa primeira abordagem, são produzidos segundo um processo conjunto. Por exemplo, a poluição do ar resultante da produção de energia eléctrica numa central termoeléctrica tem inúmeros atributos quantitativos e qualitativos. Por outro lado, os sistemas de redução da poluição atmosférica, adaptados nestas centrais não poderão ser separados da concepção global de energia, não aparecendo contudo claramente reflectidos nos custos de produção.

Muitos dos danos ambientais são produzidos através de actividades com elevados custos fixos, como é exemplo a construção de centrais e das infraestruturas para o seu abastecimento.

Um outro detalhe a ter em consideração na problemática da avaliação dos danos ou benefícios prende-se com a atribuição de um valor monetário aos recursos naturais físicos e biológicos (rios, solos, fauna, flora, etc.). De facto, um dano representa uma perda de recurso (a perda de utilidade devido à deterioração ou destruição do recurso), isto é a perda de um valor.

Nas situações em que os custos são difíceis de calcular, é frequente recorrer ao apoio dos **preços de mercado**, sabendo que num mercado competitivo, os preços reflectem a valorização marginal dos bens. Contudo, como vimos, os bens ambientais não são, no geral, transaccionáveis no mercado, isto é, não existe um mercado natural onde possam ser comprados e vendidos. Assim, não existe um mercado natural para a poluição do ar ou para o ruído, etc. E ainda, se por um lado estes danos ambientais existem a uma escala local, consequência da localização física da central, por outro lado, a emissão de grandes quantidades de dióxido de carbono, contribuem para o fenómeno de aquecimento de escala global pelo efeito de estufa, que se fará sentir por muitas gerações. Será assim fácil compreender a dificuldade em avaliar tais consequências, visto ser necessário estimar quais serão os impactos no futuro longínquo, as alterações tecnológicas, e de comportamento. A **incerteza** representa assim uma incógnita que persiste no cálculo económico deste tipo de funções, pois não são por vezes conhecidos, nem o valor dos efeitos nem as probabilidades de ocorrência do evento.

Por outro lado, há que saber equacionar a questão do tempo (através de processos de **actualização**), pois sabendo que cada pessoa tenta maximizar o seu bem-estar, faz com que o homem tome decisões que acarretam consequências não só ao nível espacial como também ao nível temporal.

A opção por uma prática de internalização das externalidades permitirá que a deterioração do ambiente seja travada e tornará possível uma gestão economicamente eficaz dos recursos ambientais. No quadro do debate sobre as soluções para a internalização dos efeitos externos e de forma a atingir o nível socialmente óptimo de contaminação, o passo seguinte da análise consiste no desenvolvimento de métodos que permitam alcançar o dito óptimo.

11.1. A Internalização Pigouviana

A modalidade de internalização proposta por Pigou consiste em fazer cobrir a diferença entre o custo social e o custo privado através do pagamento de uma taxa, em que o montante é igual à diferença entre custo social e custo privado. O preço do bem produzido é então igual ao custo marginal social do bem (custo marginal privado + taxa).

Senão vejamos, se tomarmos como referência novamente a figura 2-2, revela-se óbvio que se não se realiza nenhum tipo de negociação ou intervenção entre as partes, o agente poluidor elevará o seu nível de produção até Q_m , ponto em que o seu benefício marginal é zero. O problema consiste assim em conseguir que o agente poluidor reduza a sua actividade produtiva do óptimo privado ao óptimo social anteriormente definido.

Supondo que se introduz um imposto t que é constante, ou seja não depende do volume de produção no sentido de fazer reduzir a actividade até ao óptimo social, então a introdução deste imposto faz com que a equação que mede o benefício do agente poluidor (benefício privado ou BP) seja:

$$BP = PQ - C(Q) - tQ$$

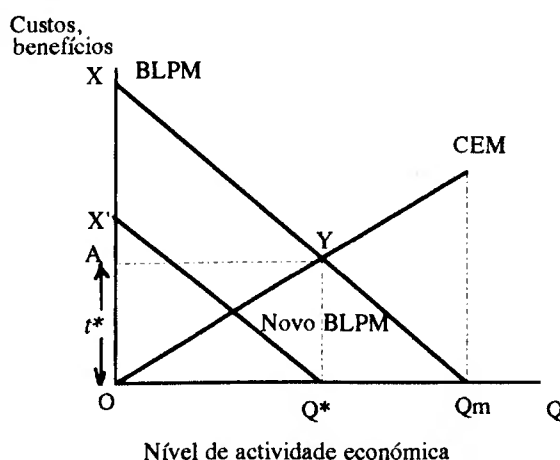
em que, PQ representa as receitas e $C(Q)$ os custos totais de produção do bem Q .

Se se fixa o imposto unitário constante e igual ao custo marginal externo ($t = CE$) em situação de equilíbrio social, então o agente ajustará o seu volume de produção, até alcançar o óptimo social, ou seja o imposto óptimo t^* é igual a :

$$t^* = [dCE(Q)/dQ]_{Q=Q^*}$$

A figura 2-3 interpreta graficamente o imposto pigouviano. A introdução do imposto unitário t supõe uma deslocação da curva de benefício líquido privado marginal, isto é, leva o agente poluidor a reduzir o seu nível de produção até ao que corresponde ao óptimo social. A quantia total de imposto vem representada pela área do rectângulo $OAYQ^*$, o benefício total depois da aplicação do imposto vem dado pela área do triângulo AXY e o bem pela área do triângulo $OX'Q^*$ que, obviamente coincidem.

Figura 2-3 Correção da externalidade por via impositiva - a solução de Pigou



Este tipo de análise conduz, no entanto a algumas questões pertinentes. Cabe aqui referir que a aplicação do imposto sobre o agente poluidor penaliza-o duas vezes. Uma pela perda de benefício que pressupõe reduzir o seu volume de produção e, por outro lado, através do próprio volume monetário do imposto. Será então possível à lógica social justificar este tipo de acção? A resposta reside nos direitos de utilização do ambiente enquanto receptor de resíduos. Esses direitos poderão eventualmente estar

explícitos na Lei mas, como refere Pearce (1990), resultam, regra geral, numa mescla entre a interpretação legal e a prática tradicional.

11.2. A Teoria dos Direitos de Propriedade e o Teorema de Coase

Para Coase, a internalização poderá resultar de uma negociação bilateral entre o agente emissor e a vítima. O teorema de Ronald Coase¹⁰ assenta na negociação bilateral, ou seja é o montante que cada um aceita receber e/ou pagar que determina o ponto de equilíbrio da negociação. Este ponto é então considerado um óptimo. Mas, para isso é necessária uma correcta definição dos direitos de propriedade para que a livre negociação entre o agente poluidor e o agente que sofre conduza ao óptimo social. Tal como acontecia com as taxas pigouvianas a questão dos direitos de propriedade está limitada pelas normas jurídicas vigentes, bem como pelo marco das relações culturais que existem numa determinada época.

Coase propõe então um conjunto de proposições: (i) cada parte tem perfeitamente definidos os seus direitos de uso, isto é, está perfeitamente estipulado o direito de contaminar ou não o ambiente. (ii) A estrutura de mercado para os produtos que obtém a empresa poluidora é competitiva. (iii) Os custos de transacção, ou os custos derivados da realização da negociação entre as duas partes são nulos. Concretamente estes custos têm que ser menores que os ganhos que obtém o agente que tem que cobrir os custos de transacção, como resultado da negociação.

A ideia fundamental do argumento coasiano resulta que, independentemente de quem possua os direitos de propriedade ou de uso do ambiente, existe uma espécie de tendência autónoma que leva o volume de produção de uma maneira automática ao óptimo social. Desta forma, os mecanismos de mercado encarregam-se de regular ou reparar a externalidade.

Todavia, as ideias de Coase não estão isentas de críticas. É de supor que alguns agentes poluidores possuam um poder negocial muito superior ao que detêm os sofrendores da externalidade, o que pode conduzir a resultados éticos e ambientalmente questionáveis.

12. NECESSIDADE DE AVALIAÇÃO MONETÁRIA DE EXTERNALIDADES

Como vimos, fazer entrar as externalidades na esfera económica do cálculo ambiental implica afectar-lhes um valor monetário, pois a ausência de uma avaliação monetária dos danos/custos ambientais interdita o cálculo económico.

Uma outra justificação para a avaliação monetária dos danos reside na necessidade de uniformização do valor dos custos dos diferentes tipos de poluição. Assim, a deterioração do ambiente comporta diversas facetas dependendo do tipo de poluição. Se é feita pelos óxidos de enxofre (SOx) e óxidos de azoto (NOx), provocam

¹⁰ O ponto de partida para esta designação foi o artigo publicado no *Journal on Law and Economics*, em 1960, intitulado "The Problem of Social Cost".

efeitos sobre a saúde humana (morbidez e mortalidade), efeitos sobre os materiais (corrosão), deterioração da flora (agricultura e florestas), e fauna (acidificação de lagos), não esquecendo a poluição estética (visibilidade reduzida pelo smog fotoquímico) e outras perdas de bem-estar devidas à fraca qualidade de vida. Cada uma destas grandes componentes de dano assume atributos múltiplos. Assim, os efeitos sobre a saúde incluem o custo dos medicamentos, os dias de trabalho perdidos, etc.

Surge assim a necessidade de utilizar uma medida comum para avaliar estas consequências negativas e/ou positivas. A **moeda** por si só constitui um instrumento cómodo, ainda que não ideal, que permite traduzir em termos económicos esta multiplicidade de elementos heterogéneos.

III - Avaliação Económica de Impactes Ambientais

A crescente consciencialização pela necessidade de preservação dos recursos naturais e do ambiente e o desenvolvimento acentuado da legislação dedicada ao controle da poluição, tem provocado um aumento do recurso à avaliação dos projectos susceptíveis de produzir impacto ambiental. Este facto, fez também evoluir a investigação no domínio da análise económica sobre a valorização dos bens ambientais, permitindo identificar as possíveis decisões a tomar, as tecnologias a instalar e definir a regulamentação a aplicar para, finalmente, averiguar se esta gestão ambiental controlada nos levou perto de uma situação de óptimo. A avaliação económica servirá então, entre outras coisas, para justificar a política ambiental¹.

1. MEDIDAS DE MONETARIZAÇÃO DE ALTERAÇÕES DE BEM-ESTAR INDIVIDUAL E COLECTIVO

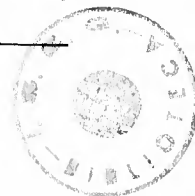
O instrumento habitual de valorização económica de um bem é o preço a que esse bem se exprime no mercado. Contudo, a ausência de mercados para os bens ambientais - como sejam a qualidade do ar, a beleza da paisagem ou os efeitos negativos da poluição sobre a saúde -, torna necessária a disponibilização de técnicas específicas para a sua avaliação. O facto de não existir este tipo de trocas monetárias no mercado, tem mostrado que os danos/benefícios ambientais tendem a ser menosprezados ou a ser enfrentados de forma menos séria.

Todavia, estão hoje a ser desenvolvidas e experimentadas técnicas de cálculo económico das alterações de bem-estar individual associadas aos danos/benefícios ambientais, permitindo medir a sua importância sobre a preservação do ambiente e estimar a eficácia das políticas de ambiente.

...valuation methodology has undergone a tremendous development during recent decades and many values that twenty or so years ago were classified as intangibles can now be measured in monetary terms. If development continues in the same way, one would expect many of the remaining problems to be solved within a decade or two. (Johansson, 1990).

Como vimos no capítulo anterior, a procura de um óptimo de poluição necessita do conhecimento da curva dos danos marginais, informação que, em geral, ainda se revela difícil de determinar. Porém, a ideia de medir os danos ambientais e sobretudo de os avaliar, constitui por si só um incentivo à investigação.

¹ No entanto, há que tomar consciência que muitos dos benefícios de uma política ambiental não são passíveis de ser mostrados sob a forma de lucro monetário imediato: estes benefícios deverão ser encontrados na melhoria da qualidade de vida mais do que no aumento do output económico de uma nação.

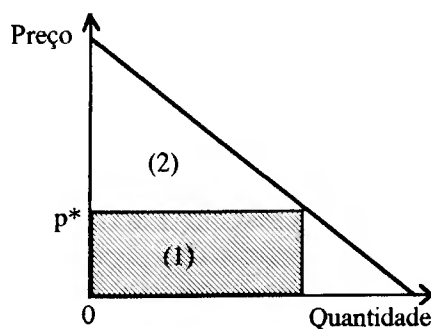


1.1. O Excedente do Consumidor, Variação Compensatória e Equivalente

Dada a inexistência de mercados para os danos/benefícios ambientais, as técnicas de avaliação fazem uso de ferramentas e mecanismos de quantificação que permitem obviar esse facto. Assim, iniciaremos a abordagem através da teoria neo-clássica do consumidor.

Partindo dos conceitos básicos da teoria económica de mercado, no caso de um bem clássico, com o seu mercado perfeitamente definido, sabe-se que o valor económico desse bem depende, pelo menos em parte, da procura desse mesmo bem. Definida a curva da procura, é possível determinar o **excedente do consumidor** tal como na figura 3-1. O excedente do consumidor representa então o valor líquido do recurso - área (2) na figura, quando p^* é o preço de mercado do bem. Desta feita, à medida que a quantidade disponível do bem diminui aumenta o seu preço, e o excedente do consumidor decrescerá também na mesma proporção.

Figura 3-1 Definição do excedente do consumidor



- (1) = Despesa total
(2) = Excedente do consumidor
(1)+(2) = Benefício total

O excedente do consumidor é então definido pela área que fica entre a curva da procura de um indivíduo por um bem qualquer e a linha de preço do mesmo: ou seja, a diferença, em termos intuitivos, entre o que a pessoa estaria disposta a pagar por cada quantidade consumida de um bem, como máximo, e o que realmente paga. Ou ainda de outra forma, corresponde à diferença entre a utilidade total de um bem e o seu valor de mercado total, isto é o excedente do consumidor corresponde à utilidade suplementar que os consumidores obtêm para além daquilo que pagam pelo bem.

O exemplo que acabámos de analisar diz respeito à definição do excedente do consumidor a partir da curva de procura de um bem, introduzida inicialmente por Marshall. Esta curva indica de quanto é que o consumo de um bem deverá crescer assim que o seu preço desce, e de quanto diminui assim que o seu preço cresce. No caso dos bens e serviços de ambiente, o consumidor é acima de tudo confrontado com uma restrição de quantidade e elasticidades de rendimento muito elevadas. Eventuais

efeitos de rendimento poderão ocorrer e fazer com que o excedente do consumidor do tipo Marshall não seja uma medida adequada do bem-estar do consumidor.

Para evitar que existam efeitos de rendimento e poder fazer uma melhor adequação entre o excedente, expresso em moeda e a medida de variação de bem-estar, propõe-se a utilização da curva de procura compensada Hicksiana, ou seja, estabelecer uma utilidade constante. Esta última hipótese avalia a variação do bem-estar como um ajuste entre o rendimento monetário necessário para manter um nível de utilidade constante. Considera-se que a quantidade dos bens consumidos varia de forma contínua e não discreta.

A análise económica oferece porém algumas alternativas para expressar em dinheiro as alterações subjectivas de bem-estar individual, constituindo a medida do excedente do consumidor a de mais fácil execução (Oyarzun, 1994).

Outros métodos menos populares como a **variação compensatória** e a **variação equivalente** são exemplos de diferentes formas de expressar em termos monetários as variações de bem-estar pessoal.

Face a uma alteração de bem-estar produzida, a variação compensatória vem expressa pelo preço que a pessoa teria de pagar (ou o que teria a receber) para que o seu nível de bem-estar permaneça inalterado. Alternativamente, a variação equivalente pretende saber qual a compensação em termos monetários, exigida pelo indivíduo para que possa alcançar um nível de bem-estar que não existe. De qualquer forma, ambas as medidas têm em comum o facto de permitirem uma reafecção das quantidades consumidas de todos os bens. Estas duas teorias assentam na utilização das curvas de indiferença para representar as preferências individuais. Assim, ao passar de uma curva de indiferença inferior para uma superior ou vice-versa, o indivíduo além de modificar a quantidade consumida do bem em questão modifica a de todos os demais.

1.2. O Valor Económico Total

Para qualquer indivíduo os bens ambientais têm um valor: seja enquanto base produtiva ou directamente enquanto fonte de bem-estar. De facto, o ambiente poderá assumir distintos tipos de valor, para diferentes indivíduos ou colectividades². Estes valores são expressos através de opções de utilização do ambiente, ou seja o valor de uso potencial do ambiente oposto ao valor de uso actual. A primeira grande distinção que se poderá estabelecer é aquela que separa os **valores de uso** dos **valores de não uso**.

An environment confers benefits on users, and those who, while not using it directly, are glad that it is there. User benefits are derived by two types of consumer: (i) all who make actual use of environment - farmers, fisherman, recreationists polluters, etc., ('actual use value') and (ii) potential users of the environment in the future, either in the present or the unborn population. This element is the 'option value' of the environment, which has been defined as: 'a willingness to pay' for the preservation of the

² Partimos do princípio que se trata de um bem "não essencial". De forma que faça sentido definir, e calcular o seu valor total. (Johansson, 1990)

environment against some probability that the individual will make use of it at a later date. (Pearce, Markandya et Barbier, citado por Winpenny, 1991 pp.44).

A pessoa que utiliza um bem e se vê afectada por qualquer alteração do mesmo, vê também afectado o seu valor de uso. Assim, se tomarmos em consideração a degradação do ambiente numa dada área, as actividades que o homem poderia praticar nesse local diminuirão quer em quantidade quer em qualidade, reduzindo desta forma o excedente do consumidor que utilizava o local. A análise dos valores de uso de um determinado bem ambiental encontra-se normalmente associada ao estudo das relações existentes na função de produção de utilidade do indivíduo entre o bem ambiental e os demais bens privados.

Os valores de não uso poderão ser distinguidos em diferentes classificações: **valor de opção** (inclui o valor de opção propriamente dito e o valor de quase-opção), e o **valor de existência**. Alguns indivíduos que na actualidade não utilizam um bem, poderão preferir manter em aberto a opção de o fazerem no futuro. A este tipo de caso designa-se valor de opção. Para essas pessoas, o desaparecimento de um parque natural representa uma perda de bem-estar (redução esperada do excedente do consumidor)³. Este conceito alberga, porém um conjunto de incertezas: por um lado, se a pessoa estará ou não disponível para o utilizar no futuro (valor de opção propriamente dito) e/ou, por outro, se o decisor ignora o conjunto dos custos e benefícios das acções empreendidas (valor de quase-opção). O valor de quase-opção tem um carácter fundamentalmente intemporal e é uma expressão do comportamento racional do agente económico face a uma incerteza forte.

O terceiro grupo de indivíduos que se podem considerar afectados pelo que possa ocorrer a um bem ambiental são aqueles que não o utilizam nem directamente nem indirectamente (não são pois utilizadores do mesmo), nem pensam fazê-lo no futuro, porém valorizam positivamente o simples facto do bem existir. O seu desaparecimento subentenderia assim uma perda de bem-estar dos indivíduos (valor de existência, ou valor intrínseco, conforme diferentes autores)⁴. Neste tipo de valor existe o pressuposto que as preferências das gerações futuras são as mesmas que as da geração actual.

Em resumo, formalmente poderá afirmar-se que o **valor económico total** é igual ao somatório dos valores de uso actual, o valor de opção e o valor de existência. (Pearce, 1990)

³ Se definirmos o **excedente do consumidor esperado** como o produto da alteração do excedente do consumidor obtido com o consumo do bem pela probabilidade de desaparecimento do bem, e chamarmos **preço de opção** à quantidade máxima de que a pessoa estaria disposta a pagar para assegurar a possibilidade de disfrutar do bem no futuro, o valor de opção enquanto valor de não uso viria dado pela diferença entre as seguintes variáveis:

valor de opção = preço de opção - excedente esperado

(Johansson, 1994)

⁴ Entre os motivos assinalados para explicar a existência deste valor de existência encontram-se: o desejo de preservar bens para as gerações futuras, a benevolência que despertam os parentes e amigos que leva a desejar o seu maior bem-estar, a simpatia pelos indivíduos afectados pela destruição desse bem ambiental, a crença no direito de existência de outras formas de vida.

2. METODOLOGIAS DE ANÁLISE ECONÓMICA DE IMPACTES

Os exemplos de análise a seguir apresentados resumem as principais teorias vigentes no apoio à tomada de decisões, devendo ser encaradas enquanto meios complementares e não tanto enquanto ferramentas concorrenciais. A análise económica de ambiente necessita de se socorrer das diferentes metodologias face às especificidades dos problemas em estudo e das soluções procuradas.

2.1. A *Análise Custo-Benefício*

A análise custo-benefício é a metodologia mais conhecida e mais utilizada de apoio à decisão, e também a que melhor responde aos ensinamentos da teoria da economia do ambiente. (Faucheux; Noel, 1995).

A análise custo-benefício constitui uma ferramenta de apoio à decisão no sector público, que assume como ponto de partida a sociedade e é aplicada em políticas ou programas com outputs sem mercado, como seja a melhoria ambiental.

Esta ferramenta assume que os padrões de eficiência são estabelecidos pela igualdade entre os custos marginais de despoluição e os benefícios marginais da redução da poluição (Samuelson, 1992). Ela sobressai assim pela aplicação de um princípio geral de eficácia de alocação de recursos, no sentido que um recurso deverá ser afectado a uma determinada utilização até ao ponto em que o benefício marginal retirado da sua utilização é igual ao custo marginal do recurso. Nesta situação há a maximização do benefício líquido.

Esta metodologia oferece a vantagem de proporcionar uma avaliação das questões ambientais quer pelo lado dos custos, como pelo lado dos benefícios, conforme o interesse em causa na análise das referidas questões. Como exemplos de reflexões sobre esta temática chamamos a atenção para alguns artigos recentemente publicados (*cf.* com Smith (1993); Hanley *et al.* (1995) e Schulze (1994)), que se debatem respectivamente sobre a capacidade de avaliação económica dos recursos ambientais, os problemas da valorização dos benefícios da protecção da biodiversidade e o papel da análise custo-benefício na política ambiental.

Segundo Barry Field (1994), a análise custo-benefício faz-se segundo quatro passos, com a finalidade de permitir a comparação de resultados no final: (i) especificação clara do projecto ou programa; (ii) descrição quantitativa dos *inputs* e *outputs* do programa; (iii) cálculo dos benefícios e custos sociais dos *inputs* e *outputs*; (iv) comparação dos benefícios e custos.

Por fim, a análise custo-benefício deverá, durante a avaliação do projecto prestar atenção adequada à questão do risco, incerteza e sustentabilidade do mesmo⁵.

2.2. A *Análise Custo-Eficácia*

Este tipo de análise tem como objectivo comparar em termos de custos, os diferentes meios e instrumentos disponíveis para atingir um objectivo de forma eficaz.

⁵ Estas questões são abordadas mais adiante.

É aplicável quando se pretende escolher o método mais eficaz (ou menos oneroso) para a concretização um objectivo ambiental, determinar a melhor forma de utilizar um orçamento, ou ainda de avaliar o custo de objectivos alternativos. A grande diferença entre este tipo de análise e a anterior reside no facto de esta não ter como objectivo a valorização monetária dos benefícios, pretendendo sim focar a sua aproximação inteiramente na prossecução dos objectivos da forma mais eficaz ou menos onerosa.

Assim que está dado o primeiro passo (definição do objectivo final), a análise deverá ser levada a cabo através do estudo dos meios à disposição para a concretização dessa finalidade. Esta operação poderá exigir uma análise do capital, dos custos de operação das diferentes tecnologias ou medidas de protecção do ambiente. Cada projecto ou situação irá trazer à luz diferentes possibilidades, e entre elas escolher-se-à a melhor alternativa.

Tal como a análise custo-benefício, esta deverá ter em consideração as questões do risco, incerteza e sustentabilidade.

Este tipo de avaliação poderá oferecer informação útil para a definição do custo do estabelecimento de níveis padrão de qualidade do ambiente.

A título de exemplo, refira-se um artigo de Hagem (1994), em que é feita a comparação dos custos entre duas possibilidades de redução das emissões de CO₂ na Noruega (país que "produz" e consome combustíveis fósseis). Neste trabalho, são comparados os custos de redução das emissões de dióxido de carbono através da redução da exploração dos combustíveis fósseis com os custos da redução do seu consumo.

2.3. A Análise Risco-Benefício

Tem como finalidade avaliar e comparar o benefício retirado por não se incorrer em dano ambiental. Isto é, indica ao decisor onde aplicar os seus esforços no sentido de reduzir ao menor custo o risco previsível de acontecimento de um dano ambiental. Este processo poderá ser realizado através da determinação de quanto as pessoas valorizam situações alternativas que envolvam diferentes níveis de risco, ou através da gestão das políticas públicas, com o objectivo de reduzir o risco a que as pessoas estão sujeitas. Esta análise cobre duas situações: a avaliação e a gestão do risco.

2.4. A Análise Multicritério

Considerando que a economia do ambiente tem de lidar com uma grande diversidade de variáveis pois os problemas não são isoláveis uns dos outros e comportam todos diferentes dimensões, alguns economistas propõem uma outra metodologia de análise. A análise multicritério justifica-se na optimização de cada critério estudado por si só não poder, muitas vezes, oferecer qualquer solução de eficiência e por outros métodos não perimirem a obtenção de soluções unívocas quando os critérios de análise são múltiplos.

A multidimensionalidade e o multicritério traduzir-se-à então pela existência de processos de agregação de um grande número de dados, relações e objectivos, oferecendo uma certa flexibilidade à avaliação monetária.

Alguns modelos e métodos foram desenvolvidos no decorrer dos anos 80 referentes a aplicações desta metodologia⁶.

3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO ECONÓMICA DE IMPACTES

As aproximações teóricas de avaliação económica de impactes ambientais têm sido largamente classificadas segundo métodos **directos** e **indirectos**. Contudo, a definição destes dois termos e a própria organização das metodologias de avaliação não reúnem o consenso de todos os autores. Na realidade, existe um número considerável de tipologias na literatura.

Segundo a análise de Pearce e Turner (1990), consideram-se os benefícios/danos ambientais (por exemplo, melhores/piores níveis de qualidade do ar ou da água) e procura-se medir o valor monetário desses ganhos/perdas. Esta avaliação poderá ser feita através de **mercados de substituição** ou por **mercados hipotéticos**. Os métodos indirectos, pelo contrário, não pretendem medir directamente as preferências reveladas pelos bens em questão, mas sim calcular relações de dose-resposta entre a poluição e um outro efeito, sendo só nessa altura aplicada alguma medida de preferência.

Quadro 3-1 Métodos de avaliação económica de impactes (por D. Pearce e K. Turner)

| Métodos de Avaliação | Metodologias Disponíveis | Técnicas |
|----------------------|---------------------------------|---|
| <i>Directo</i> | 1. Mercados de substituição | <ul style="list-style-type: none"> • Despesas preventivas • Preços hedónicos • Custo de viagem |
| | 2. Mercados hipotéticos | <ul style="list-style-type: none"> • Avaliação contingencial |
| <i>Indirecto</i> | Monetização de impactes físicos | <ul style="list-style-type: none"> • Funções dose-resposta |

Ainda pelos mesmos autores, mas noutra obra⁷ mais recente, é utilizada uma nomenclatura e organização ligeiramente diferentes. Duas aproximações básicas são apresentadas: as que avaliam um bem através da curva da procura e as que, pelo contrário, não o fazem, mas que constituem instrumentos úteis de heurística na análise de projectos.

⁶ São exemplos: os métodos de *outranking* (Roy, B. *Méthodologie Multicritère d'aide à la Decision*, Economica, Paris, 1985); o modelo lexicográfico (Fandel, G; Matarazzo, B.; Spronk, J.; *Multiple Criteria Decision Methods and Applications*, Springer Verlag, Berlin, 1983); a aproximação do ponto ideal (Zeleny, M.; *Multiple Criteria Decision Making*, Mc Graw Hill, New York, 1982) e os modelos de nível de aspiração (Spronk, J.; *Interactive Multiple Goal Programming for Capital Budgeting and Financial Planning*, Martinus Nijhoff, Boston, 1981; Wierzbicki, A. P.; "A Mathematical Basis for Satisficing Decision Making", *Mathematical Models*, 3, 391-405, 1982).

⁷ Turner, K.; Pearce, D.; Bateman, Ian; *Environmental Economics*, Harvester Wheatsheaf, Hertfordshire, 1994.

Quadro 3-2 Métodos de avaliação económica de impactes (por D. Pearce, K. Turner e I. Bateman)

| Métodos de Avaliação | Metodologias Disponíveis | Técnicas |
|---|--|--|
| <i>Aproximações pela curva da procura</i> | 1. Métodos de Preferência Expressa 2. Métodos de Preferência Revelada | <ul style="list-style-type: none">• Avaliação contingencial• Custo de viagem• Preços hedónicos |
| <i>Aproximações sem ser pela curva da procura</i> | | <ul style="list-style-type: none">• Funções dose-resposta• Custos de substituição• Comportamento mitigador• Custo de oportunidade |

As técnicas que seguem a aproximação pela curva da procura resultarão em medidas de riqueza simples ou de riqueza expressa em termos de excedente do consumidor. As que não dão origem a curvas da procura, não oferecem verdadeiras medidas de riqueza, mas sim informação qualitativa útil.

Por sua vez Kenneth McConnell (1993) é claramente defensor da utilização das técnicas indirectas, embora assumindo estas um cariz diferente das defendidas pelos autores anteriores. McConnell afirma que estes métodos fazem uso de suposições de optimização do comportamento para organizar as observações no comportamento e estabelecer medidas de bem-estar económico. Por seu turno, os métodos directos ou de levantamento procuram construir estimativas sobre os danos económicos através de processos de entrevista (questionários), colocando questões hipotéticas a uma amostra de indivíduos. Assim, os métodos indirectos têm a sua sustentação teórica em modelos de optimização do comportamento e retiram o seu conteúdo empírico de observações do comportamento individual. McConnell refere mesmo que o principal paradigma da economia moderna reside no modelo comportamental, na perspectiva em que os indivíduos tentam actuar o melhor possível ainda que sujeitos a restrições financeiras e de recursos. Pois só os indivíduos sujeitos a restrições ao seu comportamento e à redução do valor dos seus bens poderão incorrer em danos.

Quadro 3-3 Métodos comportamentais de avaliação económica de danos/benefícios (por K. McConnell)

| Técnica de Avaliação | Metodologias Disponíveis |
|----------------------|--|
| <i>Directa</i> | Realização de questionários |
| <i>Indirecta</i> | 1. Modelo hedónico 2. Modelo do custo de viagem 3. Modelo estocástico de utilidade 4. Modelo de comportamento evitado |

Dois tipos diferentes de aproximações que podem ainda ser apresentados e consistem na segmentação defendida por John Dixon *et al.* (1994), resumidos na tabela 3-4. O primeiro conjunto, designado de aproximações de **avaliação objectiva** baseia-se em intercâmbios físicos que descrevem formalmente as relações de causa-efeito e permitem resultados objectivos de degradação a partir das diferentes causas. As metodologias incluídas neste conjunto de técnicas utilizam-se de "funções de danos", estabelecem a relação entre o nível de actividade prejudicial (p.e. nível e tipo de poluentes atmosféricos) e o grau de dano físico efectivamente ocorrido sobre a componente humana ou natural (p.e. sobre os edifícios, saúde humana, culturas agrícolas, etc.).

Por oposição à técnica objectiva, o segundo grupo designa-se **avaliação subjectiva**. Como o nome indica, as metodologias aqui contidas sustentam-se em avaliações subjectivas de possíveis impactes, expressos ou revelados através de mercados comportamentais hipotéticos ou reais. Para além de neste grupo se incluírem as acções de prevenção, as transacções de mercado efectuadas são normalmente utilizadas como mercados de substituição para os bens e serviços ambientais.

No caso dos impactes que não podem ser medidos, nem mesmo indirectamente através do comportamento no mercado, há que construir mercados hipotéticos. Para as diferentes tentativas de redução de impactes deve ser elaborado um inquérito a uma amostra de indivíduos, no sentido de conhecer quanto estes estariam dispostos a pagar para a redução dos impactos ambientais.

As medidas subjectivas baseiam-se em preferências reveladas e expressas e relacionam-se estreitamente com as funções de utilidade individuais.

Quadro 3-4 Métodos de avaliação económica de impactos (por J. Dixon *et al.*)

| Técnica de Avaliação | Metodologias Disponíveis |
|----------------------|--|
| <i>Objectiva</i> | 1. Alterações na produtividade 2. Custo de doença 3. Capital humano |
| <i>Subjectiva</i> | 1. Despesas preventivas ou mitigadoras 2. Aproximações hedónicas (valor de propriedade ou terra / diferencial de salário) 3. Custo de viagem 4. Avaliação contingencial |

As técnicas de avaliação objectivas são baseadas no conhecimento objectivo das relações de causa-efeito associadas às actividades de que se podem esperar danos. Pelo contrário, as técnicas subjectivas são altamente dependentes do conhecimento e da quantidade de informação que os indivíduos têm respeitantes aos impactos impostos pelas diferentes actividades.

A seguir passamos a descrever as metodologias e técnicas de avaliação económica de danos ambientais acima referidas, bem como as situações em que podem ser utilizadas, não deixando à margem o facto de algumas só serem defendidas por alguns autores.

3.1. Mercados de Substituição

Sabendo que o mercado não permite uma avaliação espontânea dos valores ambientais, poderá procurar identificar-se os comportamentos económicos que reflectam indirectamente a disposição para pagar dos indivíduos, pela observação de alguns mercados, poder-se-à encontrar uma avaliação monetária indirecta. Podem citar-se três exemplos: a avaliação das despesas preventivas e custos de substituição; os preços hedónicos e a avaliação das despesas de deslocação.

(i) Despesa preventiva ou custo de substituição

Esta metodologia pretende avaliar economicamente os impactes ambientais a partir do valor das despesas com a preservação ou melhoria do ambiente. Foi desenvolvida nos anos 70 aquando da realização de um estudo de avaliação do custo social do ruído na Grã-Bretanha⁸. A técnica parte da observação dos investimentos dos indivíduos em equipamentos ou medidas de protecção contra os agentes agressores. No caso do ruído, poderá ser efectuada, por exemplo, através da instalação de vidros duplos nas casas, medida que oferece também a vantagem de promover a conservação de energia.

Um indivíduo escolherá adquirir dispositivos de protecção do ambiente ou de mitigação dos efeitos negativos, desde que as vantagens desse investimento sejam superiores aos custos do equipamento. Assim, o valor que as pessoas colocam na protecção do ambiente poderá ser inferido a partir do que estão dispostas a dispendir para evitar a degradação do ambiente (despesa preventiva) ou para repôr o estado inicial após ter sido degradado (custo de substituição).

Formalmente temos, se C representar o custo do equipamento de protecção, N a avaliação subjectiva do prejuízo causado pelas emissões na ausência de protecção e N' a avaliação subjectiva das emissões após a aplicação de protecção, um indivíduo escolherá adquirir os dispositivos de protecção se: $C < N - N'$; e aceitar-se-à dispendir em protecção até ao ponto em que: $\Delta N - \Delta N' = \Delta C$, onde Δ representa as variações marginais.

Os limites entre a despesa preventiva e os custos de substituição não são muitas vezes bem definidos. Gastos com equipamentos e acções com o objectivo de mitigar os danos ambientais poderão ser entendidos como medidas preventivas face a um possível aumento de intensidade do impacte ou, poderá ser uma forma de restaurar as condições antes existentes. Daí que seja ainda possível apelidar esta metodologia de

⁸ Starkie, D.M.; Johnson, D.M.; *The Economic Value of Peace and Quiet*. Lexington, Saxon House, 1975.

comportamento mitigador, como defendido por Turner, Pearce e Bateman (1994), ou de modelo de comportamento evitado, tal como K. McConnell (1993).

A análise das despesas preventivas revela-se particularmente útil em situações em que os processos têm impactes perfeitamente perceptíveis e em que existe a possibilidade de prevenir ou repôr uma situação. É normalmente utilizada em situações em que: (i) há movimentação das pessoas para outras áreas longe da poluição a que estão sujeitas; (ii) bens e/ou serviços são comprados como sendo substitutos de outros bens e/ou serviços deteriorados; (iii) há a execução de projectos que compensem a perda de bens ambientais. Assim, são exemplos as migrações para locais menos poluídos, a exploração privada de recursos naturais (p.e. a água), plantação de novas árvores, a construção de terraços para prevenir a erosão do solo, a colocação de vidros duplos para a protecção do ruído, etc.

A informação necessária para pôr em prática esta metodologia poderá ser obtida através da observação directa das despesas contra os riscos ambientais; com a utilização de questionários às populações, de forma a saber quanto estariam dispostas a pagar para não sofrer de uma possível ameaça ambiental (avaliação contingencial), ou obtendo estimativas de profissionais (consultores) do que custaria à população defender-se de determinado impacto ambiental.

São evidentes as limitações associadas a esta metodologia. Em primeiro lugar, a sua aplicação está dependente do poder de compra (ou da disponibilidade para pagar) da população em causa. Determinadas escolhas poderão não ser economicamente viáveis para a população em causa, no caso dos mercados não poderem oferecer as ferramentas financeiras (créditos, empréstimos, etc.) que facilitem a sua utilização.

Por outro lado, este método não contabiliza os efeitos secundários (positivos e/ou negativos) da aplicação de equipamentos ou execução de medidas de protecção ambiental. As sinergias provocadas pela introdução destas acções (p.e. o aumento de produtividade das culturas pela introdução socaços, ou a redução da ventilação de uma habitação pela aplicação de janelas duplas).

Um outro senão associado à utilização desta metodologia é o facto de subestimar os outros benefícios de tais investimentos. Muitos dos efeitos de determinada actividade não serão perceptíveis e só se farão sentir no longo-prazo, por outro lado, outros serão efeitos irreparáveis e por fim alguns não são substitutos perfeitos (por exemplo é difícil proteger um jardim do ruído).

Esta metodologia é aplicável a populações que se encontram em vias de migrar, todavia esquecendo por completo as que já o fizeram tempos antes como que antecipando o problema.

Em último lugar, o analista deverá ter a certeza que os investimentos são efectuados inteiramente devido ao problema em análise e não devido a outro efeito qualquer.

(ii) Preços hedónicos

Os bens adquiridos no mercado possuem uma série de atributos que lhes permitem ser úteis, ou seja têm um valor de uso. Todavia, muitos bens não têm um só

valor de uso, não satisfazem apenas uma necessidade humana. Os bens multiatributo satisfazem mais do que uma necessidade ao mesmo tempo.

A aproximação pelos preços hedónicos pretende descobrir todos os atributos do bem que explicam o seu preço e, discriminar a importância quantitativa de cada um deles. A cada característica do bem é atribuído o seu preço implícito: a disposição marginal a pagar da pessoa, por uma unidade adicional do mesmo bem. Por exemplo, o método dos preços hedónicos pretende analisar a relação existente entre os serviços prestados pelo ambiente (níveis de ruído) e os preços dos bens vendidos no mercado (p.e. casas). Um bom ambiente aumenta o prazer que os indivíduos sentem ao usufruir dos bens em questão, aumentando consequentemente o seu preço.

Dada a ausência de mercados e de preços para a qualidade ambiental, esta metodologia revela-se útil pois, por um lado tenta identificar a parte correspondente ao ambiente no preço dos bens vendidos no mercado, e por outro lado determinar o custo de degradação do ambiente ou dos benefícios retirados do seu melhoramento, sob a forma de consentimento para pagar pelos atributos ambientais.

Os métodos hedónicos obtêm os dados a partir de mercados actuais e utilizam processos estatísticos complexos para inferirem a influência dos factores ambientais nas diferenças de preço actuais. A identificação do efeito do preço de uma propriedade devido a diferenças nos níveis de poluição é normalmente efectuada por meio de técnicas de regressão múltipla, em que os dados são obtidos a partir de um pequeno número de propriedades similares, durante um período de vários anos ou, a partir de um grande número de diferentes propriedades num dado ponto no tempo. Este é o primeiro estágio da metodologia, o segundo consiste em estimar quanto é que as pessoas estão dispostas a pagar para assistir a melhorias ambientais. É notória a complexidade do cálculo estatístico e do cuidado necessário na interpretação dos resultados.

O tipo de informação necessária a ser processada, poderá também criar alguns problemas, na medida em que muitas vezes é necessário incluir variáveis intangíveis e de cariz qualitativo como: as características da vizinhança, prestígio, ou mesmo exclusividade, para além de outros dados socioeconómicos como sejam, os rendimentos das famílias, o tamanho da família, classe social, etc. Para a análise de cada um destes inputs deverão ser calibradas as variáveis.

Se todas as variáveis explicativas forem estatisticamente controladas, a residual poderá ser tomada como o atributo ambiental. O cálculo da derivada desta função em relação à característica ambiental retida, dá o montante em dinheiro que os agentes estão dispostos a pagar pela redução da poluição.

Formalizando o problema temos: um bem privado Y - p.e. uma vivenda. O seu preço (P_y) será uma função do conjunto de características que possui:

$$P_y = f_y(S_y, N_y, X_y)$$

expressão em que:

$S_y = S_{y1}, \dots, S_{yn}$ é o vector das características estruturais da vivenda: metros quadrados, materiais de construção, áreas comuns, terraço, ascensor, número de casas de banho...

| | |
|-------------------------------|--|
| $N_y = N_{y1}, \dots, N_{yn}$ | é o vector das características de vizinhança: comércio, colégios, centros recreativos, composição da população, nível de segurança, etc... |
| $X_y = X_{y1}, \dots, X_{yn}$ | é finalmente o vector das características ambientais da área envolvente: qualidade do ar e da água, nível de ruído, proximidade de zonas verdes, vista, etc... |

Da mesma forma, esta metodologia poderá ser aplicada às diferenças de salários dos trabalhadores, pois dependem também de uma série de factores - idade, qualificações, formação, localização, qualidade ambiental, etc. Através do controle destas variáveis, o valor residual é calculado como o salário extra para compensar o trabalhador por estar submetido a fracas condições ambientais (condições de trabalho más, pouco saudáveis, ou mesmo perigosas).

O método dos preços hedónicos revela-se particularmente útil na determinação dos custos da poluição do ar e do ruído, em ambiente residencial, mas resulta menos bem se as formas de poluição reproduzirem efeitos pouco claros sobre os indivíduos, criando dificuldades acrescidas, que não poderão ser medidas ou quantificadas. (Pearce et Markandya, 1989) A validade da metodologia dos preços hedónicos pressupõe que os agentes detêm informação completa sobre o bem, que o podem comprar e que o mercado desse bem está em equilíbrio.

Poderão ser apontadas algumas limitações a esta metodologia de abordagem: em primeiro lugar, é necessária uma grande quantidade de informação de base, que deverá ser interpretada segundo métodos estatísticos complexos. A variável de estudo deverá ainda ser susceptível de avaliação, tal como para o caso da qualidade do ar, água ou ruído. Contudo, alguns elementos de pureza (visibilidade, turbidez, sabor e cheiro) não poderão ser facilmente medidos, bem como níveis de poluição abaixo dos mínimos não poderão ser identificados. (Winpenny, 1991)

Segundo esta metodologia, a liberdade de escolha não assume um conjunto de restrições como sejam as restrições financeiras, culturais, sociais. O consumidor deverá conhecer os efeitos da poluição sobre a saúde humana e bem-estar.

Em muitos dos estudos já realizados em que os efeitos da poluição do ar se revelam significativos nos preços dos terrenos, observou-se uma certa dificuldade em distinguir entre as diferentes formas de poluição devido à sua forte correlação. Nestes casos, a medida de poluição inevitavelmente selecciona todas as formas de poluição atmosférica com que está correlacionada. (Pearce; Turner, 1990) Assim, a presença de poluentes prejudiciais poderá não ser notada.

Por fim, o preço da terra inclui a valorização da qualidade ambiental naquele lugar no futuro, quando o que se pretende é uma indicação de como é avaliado agora.

Trata-se portanto de um método com importantes limitações tanto ao nível do mecanismo de valorização que utiliza, nomeadamente com respeito à representação dos interesses sociais, como também ao tipo de valores a que recorre.

Todavia, as versões simples desta metodologia poderão ter uma forte contribuição na avaliação dos melhoramentos das amenidades, sabendo que é possível avaliar antes e depois dos projectos.

Clark e Nieves (1994) e Garrod e Willis (1992), fazem duas aplicações distintas da análise hedónica, os primeiros, no sentido de apurar os impactes no valor das propriedades a partir de uma instalação poluidora e, os segundos, na aplicação do método aos atributos ambientais.

(iii) Custo de viagem

Da mesma forma que o método dos preços hedónicos assenta no estudo do mercado imobiliário, o método do custo de viagem fundamenta-se no mercado das despesas de deslocação. Este instrumento é predominantemente utilizado na análise feita a partir de actividades de recreio. Avalia-se assim aqui a disposição a pagar para se deslocar a um local de lazer ao ar livre (o mar, um rio, um lago, etc.). O valor que os indivíduos colocam num local ambientalmente bom é inferido a partir do tempo e custo em que incorrem na deslocação até ele. A literatura contemporânea tem feito uso de esta ferramenta na avaliação das consequências da degradação ambiental nas actividades humanas (*cf.* Anex (1995) e Kahn e Buerger (1994), entre outros.)

Travel cost methods are a useful tool for valuing recreational benefits in situations where sites are visited by a broad range of users specifically for recreational purposes and where adequate data on the characteristics of the site and the user are available. (Pearce; Markandya, 1989)

De facto, toda a decisão de praticar uma actividade ao ar livre, como a pesca, natação, etc. implica um investimento em tempo e dinheiro. Tempo para praticar a actividade e dinheiro para se deslocar ao local (despesas de transporte).

O método consiste em avaliar o valor de uso recreativo de um local em relação à procura por esse local. Para isso é construída a curva da procura para as actividades de lazer oferecidas por esse sítio e pelo consequente excedente de cada consumidor. A soma dos excedentes de todos os consumidores reflecte o benefício global oferecido por esse local.

Assim que as relações básicas estão estabelecidas, é então possível avaliar o valor colocado na qualidade ambiental, tanto pela observação das alterações das visitas de um dado sítio ou comparando a visita a diferentes locais de diferentes níveis de qualidade ambiental, no mesmo segmento de custo de transporte.

Desta forma, se a população se apercebe da deterioração do lugar, poderá observar-se a alteração do comportamento dos indivíduos, ou seja a alteração da disposição para pagar para até aí se deslocarem. Desta forma, a poluição de um sítio natural provoca uma perda do excedente do consumidor, que resulta na medida económica do dano.

Esta metodologia evoluiu nos EUA, com o objectivo de medir o valor que os locais recreativos têm para a população.

A técnica utilizada é simples. A área em estudo é dividida em círculos concêntricos, em que os contrornos definem linhas de igual distância a percorrer. Criam-se então amostras de visitantes para determinar as áreas de origem. Assim, para cada zona são calculadas taxas de visita. Depois, é efectuada uma regressão estatística para cada zona, relacionando as taxas de visita com custos de transporte e outras

variáveis socioeconómicas, como seja o rendimento, para obter uma curva da procura para visitas ao local, medindo então o excedente do consumidor dos visitantes (Winpenny, 1991). Os dados em avaliação são obtidos através de questionários aos visitantes.

A vantagem principal do método dos custos de transporte reside no facto de as medidas de benefício ambiental se referirem a comportamentos de agentes observados sobre o mercado. Contudo, os inconvenientes desta metodologia são numerosos.

São feitas *assumpções* formais sobre o comportamento dos indivíduos de forma a construir a curva da procura, ou seja - todos os indivíduos retiram o mesmo benefício total por visitarem o local. Por outro lado, o método assenta na recolha de um vasto conjunto de dados, que torna o processo de avaliação moroso e oneroso, e os resultados finais muito sensíveis ao tratamento estatístico que foi efectuado. Ainda um outro aspecto poderá ser conotado com o facto de a viagem em si poder constituir já parte do prazer da visita, ou dar-se então o caso das viagens que têm mais do que um objectivo. Por fim, alterações na qualidade ambiental são difíceis de incluir e modelizar segundo este método. Os problemas assentam no facto de se tentar encontrar medidas objectivas da alteração do ambiente, descobrindo de que forma os viajantes se apercebem do facto e de como o valorizam.

3.2. Mercados Hipotéticos

Ao contrário das metodologias descritas acima, a aproximação pelos mercados hipotéticos não se apoia nos mercados existentes, mas sim procede a uma avaliação directa de uma disposição para pagar ou a exigência de uma compensação, através de inquéritos e questionários. Esta metodologia revela-se particularmente útil na avaliação de bens e serviços "intangíveis", como sejam os valores de opção e os valores intrínsecos. O interesse deste tipo de métodos é duplo: por um lado, porque em muitas ocasiões são os únicos utilizáveis - quando não se pode estabelecer o vínculo entre a qualidade do bem ambiental e o consumo do bem privado. Por outro, porque dadas as dificuldades e limitações dos métodos indirectos, já mencionados, não deixam de representar um mecanismo de valorização alternativo que pode revelar-se bastante útil para efeitos de comparação.

(i) Avaliação contingencial

Esta metodologia é aceite por todos os autores estudados nesta dissertação, embora não particularmente defendida por todos.

Os métodos englobados na denominação de avaliação contingencial (AC) têm como objectivo averiguar a valorização que as pessoas atribuem às alterações de bem-estar que lhes produz a modificação da oferta de um bem ambiental, através da pergunta directa. Ainda que este método tenha sido recomendação de Ciriacy-Wantrup, quando tentaram medir os valores associados aos recursos naturais com a ajuda de

entrevistas directas, foi realmente Robert Davis em 1963, quem desenvolveu o método para estimar os benefícios do recreio e lazer no Maine Backwoods (Winpenny, 1991).

Desde então foram já elaborados inúmeros estudos sobre factores ambientais como a qualidade do ar, qualidade da paisagem, o aspecto recreativo das praias, a preservação de espécies selvagens, experiências de caça e pesca, etc., tornando já vasta a bibliografia disponível sobre esta metodologia. Alguns exemplos poderão ser conferidos em Kwack e Russell (1994); Whitehead *et al.* (1995); Shechler (1991).

A AC pretende assim saber como é que os indivíduos valorizam determinadas alterações ambientais, através da execução de questionários a uma amostra de população. Os entrevistados responderão quanto é que estariam dispostos a receber ou a pagar se existisse um mercado para o bem em questão. Desta forma, o mercado contingencial incluirá não somente o bem em si mas também o contexto institucional em que seria providenciado e de que forma seria financiado.

A AC tem a particularidade e o atractivo de poder ser largamente utilizada, tanto só como em conjunção com outras técnicas de avaliação, podendo em muitas situações constituir a única metodologia aplicável. O carácter contingencial deste método permite avaliar os valores de não-uso, bem como valores de existência.

Os dois conceitos mais utilizados são a **disposição para pagar** (ou **WTP - willingness to pay**, conforme a literatura anglo-saxónica) por um benefício ambiental e a **compensação exigida** (ou **WTA - willingness to accept**) por uma perda de qualidade ambiental (custo). Se considerarmos uma dada situação ambiental, poderemos questionar sobre a disposição a pagar por um ganho de bem-estar ou por uma compensação exigida no sentido de uma perda de bem-estar.

Quatro situações poderão assim ocorrer, conforme descritas no quadro abaixo:

Quadro 3-5 Disposição para pagar e compensação exigida

| Alteração proposta | Medida |
|---------------------------|---|
| Ganho de bem-estar | Disposição para pagar para assegurar que a alteração se efectue |
| Ganho de bem-estar | Compensação exigida se o ganho não se efectua |
| Perda de bem-estar | Disposição para pagar para evitar que a perda se concretize |
| Perda de bem-estar | Compensação exigida se a perda se concretiza |

(Adaptado de Faucheux, Noel, 1995)

O formato mais utilizado na AC serve-se da utilização de questionários, muitos utilizando jogos de preços. A amostra deverá ser representativa de todas as facções de opinião sobre ambiente e não só àqueles com fortes convicções sobre o assunto ou mais bem informados. Assim, o entrevistador, o entrevistado e o questionário deverão estar o mais possível próximo de um mercado real. Para isso, o entrevistado deverá estar

familiarizado com o bem em causa e as entrevistas estruturadas em três blocos perfeitamente diferenciados (Oyarzum; 1994):

1. Um primeiro bloco que contém a informação relevante sobre o bem, o problema ou objecto de estudo, de modo que o inquirido tenha uma informação suficientemente precisa para identificar correctamente o problema. Para isso, poderão ser mostradas fotografias (p.e. no caso de se estudar uma melhoria da paisagem) em diversas situações de poluição.

2. Um segundo bloco que descreva a modificação do objecto de estudo. Ou seja, o ponto de partida quanto à qualidade do bem ambiental; a modificação proposta; o que ela significa para o entrevistado; e o mecanismo de financiamento da medida objecto de estudo (veículo de pagamento). O entrevistado deverá também estar familiarizado com meios hipotéticos de pagamento - como seja uma taxa local ou uma entrada directa, etc.

Descrito o cenário, as perguntas devem ser dirigidas de forma a averiguar a disposição a pagar do indivíduo pela alteração proposta. Entre as possibilidades disponíveis de execução das perguntas, incluem-se o formato aberto, a escolha múltipla, o formato binário ou interactivo (este último parece ser o que maior *output* consegue).

Assim, o processo dever-se-à desenrolar de forma interactiva: a partir do momento em que o primeiro preço é lançado, este será ser elevado (ou reduzido) até ao ponto em que o entrevistado declare que já não estará mais interessado num incremento ou decréscimo extra do valor (conforme se trate de uma disposição para pagar ou inversamente de uma compensação exigida).

3. Finalmente, um terceiro bloco indaga sobre algumas das características socioeconómicas mais relevantes da pessoa entrevistada, de acordo com o problema objecto de estudo: rendimento, idade, estado civil, nível de estudos, etc.

Uma outra forma de abordagem poderá ser feita através de experiências "pegar ou largar". A amostra é submetida a escolhas entre combinações de bens ambientais e/ou dinheiro. O objectivo consiste então em descobrir a taxa de substituição que as pessoas atribuem entre a qualidade ambiental e o dinheiro. Uma terceira vertente possível consistirá em expôr os indivíduos à escolha entre a qualidade ambiental e um bem com um valor perfeitamente conhecido (*costless choice*). Finalmente, a técnica de *Delphi* consiste em procurar a opinião de peritos, em alternativa à abordagem directa dos consumidores. Claro está que a utilidade desta técnica depende da representatividade deste grupo na sociedade.

A fidelidade deste método pode ser questionável, devendo esta dúvida ser obviada através de uma comparação dos resultados com os de outras metodologias, tentando utilizar formas alternativas de produzir a mesma informação.

O aspecto mais problemático da AC é o seu carácter hipotético (Field, 1994). São colocadas questões hipotéticas aos inquiridos, às quais são dadas respostas também hipotéticas, não sujeitas à disciplina do mercado. Surgem assim dois tipos de interrogações. Por um lado, estarão as pessoas em poder de um conhecimento

suficiente das suas preferências e dispostas a revelá-las ao inquiridor? Por outro, as respostas poderão identificar não só o valor de uma situação particular, como também algo sobre o sistema em que gostariam de viver, questão esta muito mais abrangente.

Outra precaução deverá residir no facto de os inquiridos julgarem que podem influenciar o decurso dos eventos pelo conteúdo das suas respostas e introduzir tendências estratégicas.

Por outro lado, normalmente existe uma grande assimetria entre os valores de disposição a pagar e compensação exigida (Winpenny, 1991). Os resultados dos estudos que utilizam a AC mostram invariavelmente que a disposição a pagar é muitas vezes (entre um terço e um quinto) mais reduzida que o valor expresso em compensação exigida. Uma explicação razoável poderá encontrar-se no facto de as pessoas colocarem mais ênfase na perda de um bem que já detêm, do que com um ganho provocado por algo que ainda não possuem.

Daqui resulta que, mesmo na esfera hipotética da AC, não existe apenas uma única avaliação para a qualidade ambiental e os valores eleitos dependem muitas vezes da forma como são apresentadas as questões.

É também popular uma certa problemática em torno dos valores de não uso. É frequente um esquecimento em contactar futuros utilizadores ou potenciais intervenientes no caso em estudo, muitas vezes vital para o nível dos valores totais e credibilidade do processo. Esta ocorrência é frequente em situações que envolvem estimativas de valores de disposição a pagar de valores de existência de nível internacional.

3.3. Monetização de Impactes Físicos

A magnitude dos impactes depende, entre outros, das condições geográficas, as tecnologias utilizadas, as condições sociais e ambientais. Poderá assim dizer-se que determinados impactes são específicos de determinados locais. Salvo a excepção dos poluentes cuja distribuição é mais ou menos uniforme sobre a Terra, como é o caso dos gases que se acredita responsáveis pelo efeito de estufa. Pelo contrário, o ruído e o impacto visual são particularmente dependentes do local onde são originados.

É necessário conseguir uma compreensão detalhada dos danos verificados, e mesmo ser capaz de identificar os processos casuais. Depois, deverão ser estabelecidas relações de causa-efeito entre os diferentes poluentes e os respectivos efeitos. Esta análise deverá efectuar-se segundo uma aproximação do tipo *bottom-up* (micro).

(i) Relações dose-resposta

Os métodos de dose-resposta procuram a relação entre as variáveis de qualidade ambiental e o nível de output de um bem de mercado. Este output poderá ser definido tanto em termos quantitativos como em termos qualitativos.

Se existe um dano ambiental, este dano está afecto a uma causa. A relação entre esta causa e o seu efeito constitui a chamada relação dose-resposta, sabendo que a resposta compreende todas as modificações ulteriores associadas a este dano.

A informação das ciências naturais é tomada em consideração no modelo físico/biológico que depois a utiliza no modelo económico. Este método compreende assim duas fases sucessivas. Em primeiro lugar a relação dose-resposta que permite estimar as ligações entre a poluição e os seus efeitos, de forma que a qualidade do ambiente seja introduzida entre nas funções de produção. Em segundo lugar, a resposta deverá ser traduzida em termos económicos. Esta segunda fase requer o conhecimento dos efeitos de forma a passar de uma função danos físicos a função de danos monetários.

A relação dose-resposta poderá ser formalizada da seguinte forma:

$$Y = f_{\text{impacto}}(X)$$

que relaciona a alteração Y num receptor, provocado por uma concentração do poluente X. Num sentido estrito, X constitui a dose efectivamente absorvida pelo receptor.

Alguns estudos já foram efectuados sobre o efeito dos poluentes atmosféricos sobre a saúde humana (*cf.* Krupnick *et al.* (1990); Schwarz & Dockery (1992)), em que este método foi particularmente utilizado. A avaliação fez-se nesses casos através de dados de mortalidade, na atribuição de valor à vida humana, morbidez e pelos dias de trabalho perdidos (no caso da saúde humana).

Os inconvenientes desta metodologia residem na complexidade de relações que os efeitos podem assumir, o que torna difícil encontrar os dados científicos e técnicos necessários à sua avaliação. A forma precisa de uma função dose-resposta é dependente do caso em estudo. Não há regra geral que possa ser aplicada.

Por outro lado, poucas funções dose-resposta incluem sinergias; por exemplo, os efeitos das chuvas ácidas nas florestas dependem da composição do solo e a interacção com outros elementos como os parasitas e a secura (falta de água). É assim necessária mais investigação sobre os efeitos sinérgicos. (ETSU - Comissão Europeia, 1995)

Por fim, um último inconveniente reside no facto deste método não proporcionar qualquer avaliação em termos de disposição para pagar ou a receber, visto que não integra nenhum aspecto comportamental dos agentes.

As técnicas que se estudam a seguir são defendidas por Dixon *et al.* (1994), enumeradas enquanto técnicas com a envergadura própria, ao nível das revistas acima. Porém, estas fazem uso e correspondem a aplicações concretas das funções dose-resposta nas situações específicas para que foram construídas, como se constatará.

- Alterações na produtividade

As alterações na produtividade enquanto estimativa monetária dos danos ambientais representam, segundo Dixon *et al.* (1994), uma extensão directa da análise custo-benefício tradicional. As alterações físicas na produção são avaliadas através da utilização de preços de mercado no que diz respeito aos *inputs* e *outputs*, ou quando existem distorções. Os valores monetários são então incorporados na análise económica



do projecto. O campo de intervenção deste tipo de análise é suficientemente vasto para poder incluir os custos e os benefícios dentro e fora do projecto.

For example, a proposed agricultural development project in an upland area may cause soil erosion and increase damage to irrigated rice fields downstream. The environmental 'cost' of the project is not the total damage to the rice fields, but only that caused by additional load of sediment produced by the project. (Dixon *et al.*, 1994)

Assim, na utilização desta técnica, são identificadas, a partir de funções dose-resposta, as alterações provocadas na produtividade quer pelo produto resultante da actividade, quer pelas externalidades positivas e negativas que foram incorridas. Neste sentido, a avaliação pretende fazer com que seja possível comparar o projecto com o que aconteceria no caso deste não ser concretizado. Ou seja, uma análise capaz de revelar, utilizando uma simples técnica de valorização da alteração na produtividade, sobre os dois cenários (com e sem intervenção), e ajudar a clarificar o grau de dano afecto ao projecto ou evitado por ele.

Nesta metodologia deverá ser dada particular ênfase à questão do tempo durante o qual ocorrem as alterações, os preços correctos a utilizar e quaisquer alterações relativas nos preços.

Esta técnica aparentemente simples constitui um dos vectores de análise de que se servirá a metodologia das funções dose-resposta, se apropriada a sua aplicação ao fenómeno em estudo. Daí que esta técnica sofrerá dos inconvenientes já apontados para as relações dose-resposta.

- Custo de doença

Tal como as alterações na produtividade, a aproximação pelo custo de doença baseia a sua intervenção na utilização de funções de dano. Neste caso, a função relaciona o nível de poluição (exposição) e o grau de efeito sobre a saúde (morbidez).

Os custos são interpretados como uma estimativa do que poderiam significar os benefícios se se incorresse em acções de prevenção de ocorrência do dano. Normalmente, os custos incluem a perda de rendimentos devido a doença: custos com médicos, hospitais, medicamentos, ou outras despesas.

Como nas funções dose-resposta, este método não considera os aspectos comportamentais do indivíduo, pelos quais ele está disposto a pagar. Ou seja, este método considera a saúde como um factor exógeno e portanto não reconhece que os indivíduos poderão medicar-se e, consequentemente, incorrer em custos de forma preventiva. Por fim, por exemplo, o método não é capaz de avaliar monetariamente o sofrimento do indivíduo.

O método do custo de doença é particularmente aplicável nas situações em que a doença é curta, discreta e não tem efeitos negativos a longo prazo (Dixon *et al.*, 1994).

Na aplicação deste método o analista precisa de saber correctamente identificar a relação causa-efeito e as suas implicações no bem-estar social. No caso de benefício, será necessário prestar atenção na determinação das melhorias das condições do indivíduo, nomeadamente as poupanças em que incorrerá.

Se o caso de avaliação dos custos de doença diz respeito a mortalidade dos indivíduos, a designação da técnica proposta é a de capital humano. Esta aproximação é semelhante também à alteração na produtividade, com a excepção que neste caso a perda de produtividade é medida em seres humanos. Em suma, constitui uma avaliação exógena, ex-post da vida de um indivíduo. Esta técnica poderá fazer uso do valor dos rendimentos do indivíduo para estimar o valor da sua vida. Porém, isto significaria que a vida dos ricos seria mais valiosa do que a dos pobres, bem como a dos jovens será menos valiosa do que a dos adultos.

3.4. Outros Métodos

Nos quadros acima foram apresentadas as metodologias e técnicas mais populares de avaliação económica de impactes, e as que mais têm sido utilizadas. Porém, resta ainda explorar alguns métodos ou processos de apoio à avaliação, também importantes auxiliares no domínio da economia do ambiente.

(i) Custo de oportunidade

Embora não constitua uma técnica de avaliação monetária de impactes, a aproximação pelo custo de oportunidade aparece como ferramenta de auxílio aos decisores nesta matéria (Turner; Pearce; Bateman, 1994). Conforme a definição, custo de oportunidade corresponde às oportunidades perdidas, ou aos custos suportados, pela realização de uma acção em vez da realização da sua melhor alternativa.

Rather than attempting to measure directly the benefits gained from preserving a resource for these unpriced or unmarketed purposes, we measure what has to be given up for the sake of preservation. The 'opportunity cost' is, therefore, a way of measuring the 'cost of preservation'. (Dixon *et al.* 1994)

Esta técnica constitui assim uma aproximação pelo custo, embora designando uma ferramenta para medir os benefícios da preservação de um qualquer recurso.

A lógica base da utilização da técnica do custo de oportunidade reside na análise custo-benefício tradicional. Assim, se se quiser executar um projecto em que se explora um recurso, deverá ser realizada uma análise ex-ante tradicional do mesmo. Se a análise revelar que o projecto não é económico não se deverá avançar mais. Mas se, pelo contrário, se prevê a existência de benefícios associados ao projecto, deverá então estudar-se a sua valência perante os benefícios da simples preservação do recurso (ou a não execução do projecto). Se o peso da segunda hipótese for superior, então não se deverá executar o projecto. (Dixon *et al.*, 1994)

Chama-se a atenção para o facto de a alternativa da preservação do recurso reunir benefícios menos tangíveis, como sejam os valores de opção, de quase-opção e de existência que, como vimos atrás não são facilmente mensuráveis, mas poderão oferecer uma definição qualitativa ao recurso.

Em conclusão, a análise do custo de oportunidade permite estimar os efeitos da actividade causadora da degradação ambiental, no sentido de estabelecer um nível a

partir do qual os danos justificarão a não execução de projectos. Em consequência permitirá ajudar a saber quais os custos adicionais de preservação de uma área em relação a outra, a escolher o local da sua implementação, e a tecnologia no caso de existirem alternativas (p.e. aeroportos, centrais termoeléctricas, etc.).

(ii) Modelo estocástico de utilidade

O modelo estocástico de utilidade aparece na mesma linha de ideias do método de custo de viagem, apesar de as necessidades de informação a incluir no modelo serem bastante superiores. É também uma técnica com particular apetência a ser desenvolvida nas situações de avaliação de locais para lazer. É fundamentalmente um modelo que assenta na componente comportamental.

Segundo K. McConnell (1993), este modelo permite uma aproximação pela escolha dos locais para desenvolver determinada actividade, realizada a partir de um pressuposto de utilidade. Ou seja, o modelo está construído de forma a conseguir estimar a substitutabilidade entre locais, principalmente quando estão disponíveis medidas de atributos dos diferentes locais. Este modelo é assim utilizado particularmente para calcular os danos, da mesma forma que é utilizado o modelo de custo de viagem. Os danos são calculados por indivíduo, antes e depois da alteração no local em estudo.

O modelo estocástico de utilidade assume que de cada vez que o indivíduo faz uma escolha de visita ou não de um local, ela é feita segundo pressupostos de utilidade indirecta da visita ao local. Consiste assim numa outra forma de modelizar a escolha de um local entre vários, semelhante à utilizada no modelo de custo de viagem a um só local.

A principal característica deste modelo é a do indivíduo ser capaz de escolher um entre uma série de locais porque conhece, à priori, as características de cada um deles, estando limitado pelo seu rendimento. Por outras palavras, este modelo proporciona dados em termos de disposição a pagar por cada viagem a determinado local, escolhido entre vários. Assim, as pessoas justificam o seu comportamento na percepção que têm do local.

No caso de se querer avaliar a implementação de um projecto com impactes previstos, este modelo encontra indiferença na questão do risco pois, o decisor escolherá baseado em preferências conhecidas. Assim, os danos em determinado local são calculados pela diferença no valor de acesso nas situações antes e depois de intervenção. Por fim, se o dano é suficientemente severo que obrigue a eliminar o acesso ao local, deverá optar-se pelo cálculo do valor de acesso já perdido numa situação de descontaminação.

(iii) Transferência de benefícios

A avaliação de impactes depende de um conjunto de factores, entre os quais o local e a altura em que ocorre, porém, não é muitas vezes viável estimar todos os valores para cada situação, por diferentes razões. Assim, uma solução que poderá ser

adoptada é a transferência de informação a partir de outros estudos. Como refere Desvougues *et al.* (1992):

"... "off-the shelf methodologies and studies can serve as the basis for benefit-cost analysis." That is, where possible, benefits and costs should be inferred from the results of existing research studies. [...] We call the use of existing studies "benefit transfer".

Quando existem restrições orçamentais e temporais à realização de estudos de avaliação económica, a utilização da transferência de benefícios a partir de outros trabalhos, quando aplicável, poderá resultar numa alternativa atraente por satisfazer as necessidades sem requerer o dispêndio de muito tempo, recursos humanos e financeiros. A transferência de benefícios tem sido cada vez mais aplicada à valorização de bens públicos (Smith, 1992). Por outro lado, e segundo o mesmo autor, mesmo que exista tempo e recursos para a execução de uma nova análise, acontece muitas vezes que o que se pretende analisar não existe. Ou seja, normalmente intenta-se avaliar um novo recurso ou alguma modificação nestes, que poderá representar um conjunto de novas condições.

Desvougues *et al.* (1992) argumenta que, a utilização do método da transferência de benefícios pode constituir a melhor opção em determinadas condições de avaliação económica. Porém, há que ter consciência do ponto a partir do qual a possibilidade de existência de erro é intolerável. A partir desse ponto três opções poderão ocorrer: primeiro, abandonar o objectivo, dadas as condições não realistas; segundo, poderá tentar atingir-se um nível de recursos compatível com a execução de avaliação económica, no sentido de serem realizados estudos originais na situação de referência. Por fim, tentar aumentar a aplicabilidade dos estudos originais para a utilização em exercícios de transferência.

Para o desenvolvimento da transferência de benefícios, o analista deverá estar preparado para fazer considerações tecnológicas, ambientais, e mesmo políticas (Smith, 1992).

Segundo os autores acima referidos, o processo da transferência de benefícios é um fenómeno recente, pelo que inúmeras questões poderão surgir, entre as quais: os critérios que deverão ser utilizados na transferência, que tipo de medidas utilizar (excedente do consumidor, elasticidades,...), qual a qualidade dos estudos de referência, como incorporar a incerteza na análise... Desta feita, as principais deficiências deste instrumento por eles apontadas, são as seguintes: (i) a informação original está afectada ao local onde foi estimada e poderá não ser aplicável a outras situações; (ii) as estimativas monetárias podem estar expressas em unidades diferentes daquelas em que estão designados os impactes e (iii) os estudos frequentemente apresentam os dados sob a forma de média, e não sob a forma marginal, para além de muitas vezes não estarem preparados para serem transferíveis.

Acabámos de apresentar uma breve revisão do conjunto das metodologias e técnicas de apoio à decisão, que mais têm sido alvo de atenção dos economistas do ambiente. Pudemos verificar como estes métodos não deverão ser considerados concorrentes mas sim complementares, oferecendo cada um deles resultados diferentes, mas úteis à análise de projectos com implicações sobre os recursos ambientais e humanos.

A monetarização dos danos/benefícios ambientais através da análise custo-benefício e os métodos de avaliação que a servem são particularmente úteis na avaliação das preferências dos indivíduos, nomeadamente sob a forma de disposição para pagar, como seja pelo valor estético de uma paisagem. Porém, este tipo de análise reúne um conjunto de limitações intrínsecas. Algumas limitações particulares foram apontadas para cada um dos métodos específicos de avaliação (custo de viagem, preços hedónicos, avaliação contingencial, etc.).

A análise custo-benefício faz assentar a sua estratégia nos pressupostos da teoria económica neoclássica da maximização da utilidade do consumo dos bens. E, se por um lado os mercados deverão ser capazes de exprimir o valor de um bem (como são exemplo os métodos de preços hedónicos e custo de viagem), por outro os indivíduos são chamados a valorizar os bens (avaliação contingencial). Desta forma, os resultados obtidos serão sempre explicados pela sua validade.

Dado que o ambiente constitui um recurso dotado de características muito específicas, com capacidades de assimilação diferentes, dependendo de inúmeros factores, bem como com capacidade de promover sinergias ao nível dos efeitos biológicos desde o mais pequeno organismo, a análise económica deverá ser muito cuidadosa e criteriosa nos seus processos.

O efeito económico externo é o que nos permite medir toda esta cadeia de implicações geradas que começou no volume e tipo de poluição efectuada.

Ao longo deste capítulo salientámos o facto de a análise custo-benefício dever incluir a ponderação de elementos como a incerteza, o risco e a actualização, no sentido da avaliação económica poder oferecer resultados mais consistentes com a realidade vigente e futura. É a esses elementos que nos reportamos nesta secção.

A observação dos resultados da avaliação económica dos efeitos das externalidades, depois de submetidos à apreciação do seu valor no futuro, à consideração da incerteza e do estudo da irreversibilidade e do risco, confere às medidas com intervenção ambiental uma imagem por vezes diferente. Isto é, a análise económica tende a assumir que uma determinada unidade de benefício ou custo tem mais importância hoje do que se for considerada no futuro.

O exame destas novas variáveis é particularmente útil quando se faz uma análise do tipo *ex-ante* para projectos de ambiente a concretizar no futuro. A preocupação pela correcta afectação dos recursos naturais, numa perspectiva de conservação e de legado às gerações futuras, constitui uma das preocupações dos economistas do ambiente.

4. A INCERTEZA, RISCO E IRREVERSIBILIDADE

Antes de mais, a **questão temporal** constitui uma peça fundamental, mas alvo de controvérsia, na análise económica ambiental. Acima de tudo ela surge enquanto uma questão de ética perante as gerações futuras, porém, o processo de avaliação pode tornar-se bastante complexo, pois é muitas vezes necessário incluir elementos intemporais (p.e. a biodiversidade). Assim, a integração do tempo num modelo económico tem também os seus custos.

As situações de **incerteza e irreversibilidade** que poderão estar associadas à exploração dos recursos naturais, bem como a não-infinitude dos mesmos, constituem variáveis de difícil tratamento na análise económica ambiental, sendo assim urgente a homogeneização do cálculo económico, no sentido de ser possível obter valores actualizados dos bens e do valor a que eles poderão corresponder no futuro. A quantificação da incerteza é crucial para a credibilidade dos resultados, embora este processo se possa revelar bastante difícil.

Se nos interessamos por um bem a ser explorado no futuro, a presença de incerteza sobre o que serão as suas utilizações nessa altura coloca problemas, pois não sabemos quais serão os gostos e necessidades das gerações futuras.

Para poder determinar a utilização óptima de um recurso hoje é, não só necessário saber o seu valor amanhã, como tomar em consideração a incerteza das utilizações futuras. A incerteza é então característica de elementos essenciais a esta ponderação, como sejam: os preços, os custos e as tecnologias que afectarão esse valor amanhã. Se se desconhecem estes elementos, os rendimentos líquidos futuros serão incertos. Por outro lado, se os factores ambientais aleatórios afectam o crescimento do stock de um recurso, o nível do mesmo no próximo período será desconhecido.

O problema da avaliação física dos recursos ao longo do tempo pode ser tratado matematicamente enquanto problema de optimização dinâmica. Assim, este último tipo de incerteza é normalmente incorporado em modelos mediante a introdução de variáveis aleatórias ou processos estocásticos na equação de estado (em que a incerteza tenderá a ser crescente quanto maior for o horizonte temporal contemplado), e por outro lado através de análises de sensibilidade. A incerteza surge normalmente de diferentes fontes: primeiro, não sabemos quais serão as preferências dos consumidores no futuro e segundo, é de difícil previsão o ritmo de crescimento da população, os avanços tecnológicos, o comportamento da natureza, os eventos meteorológicos, etc... Por isso, a forma de prever todas estas alterações faz-se hoje com base nas médias de comportamento conhecidas, sendo construídos cenários probabilísticos para o futuro. A partir destes dados é então calculado o valor esperado de ocorrência dos fenómenos em estudo.

O conjunto das acções a executar num projecto também pode ser alterado a partir da ocorrência de eventos irreversíveis. A exploração de um recurso energético não renovável ou a construção de uma barragem poderão produzir efeitos externos irreversíveis, tal que, uma vez adoptada a decisão não se poderá voltar atrás. Neste

sentido, a gestão ambiental deverá incluir nas suas preocupações não só as restrições de dinâmica do recurso, como também as tecnologias e outros factores de produção disponíveis hoje como no futuro, no sentido promover a conservação das espécies, dos recursos e no aumento do bem-estar social.

O tipo de incerteza que se encontra associada à preferência por determinados bens e a alguns aspectos da conservação ambiental poderá ser avaliada valendo-se a teoria económica de ferramentas como a avaliação pelo valor de opção ou quasi-opção, já anteriormente descritos. Isto é, uma forma possível de consideração da incerteza, poderá ser feita através da determinação de quanto as pessoas valorizam situações alternativas envolvendo diferentes níveis de risco, ou seja, o consentimento para pagar por alterações nos níveis de risco (ou danos) a que estão expostas.

Hanley e Spash (1994) consideram que a incerteza deverá ser gerida através do **risco**, isto é, gestão sobre o conhecimento das probabilidades de certos fenómenos ocorrerem. Assim, a avaliação do risco pretende determinar a relação dose-resposta entre, por exemplo, a concentração de um poluente e a sua expressão sobre a saúde humana. O passo seguinte consistirá em determinar o quantitativo de risco aceitável e possibilidades de redução das ocorrências. Houve assim a transformação da incerteza em resultados probabilísticos. O conceito de risco poderá ser definido como a incerteza mensurável. A partir daqui efectua-se uma análise do tipo custo-eficácia que, como já foi visto, se tenta minimizar os danos perante um determinado orçamento.

...the further into the future cost/benefit flows occur, then the more uncertain they are. Therefore, it might be argued, one should add a "risk premium" to the consumption rate of interest i , which varies positively with the degree of risk for a risk averse individual. (Hanley; Spash, 1994)

Ao nível da opinião pública, as noções de incerteza e risco estão também bem patentes. São inúmeros os casos em que existe forte oposição ao aproveitamento de algumas fontes de energia e à instalação outros de equipamentos (por exemplo as incineradoras) em determinadas áreas, precisamente pela preocupação (mais ou menos fundamentada) da existência de incerteza e risco associados a estas actividades.

5. A ACTUALIZAÇÃO E O AMBIENTE

Para tentar ir de encontro à exigência de valorização dos bens ou projectos de investimento futuros no presente, a teoria económica utiliza o princípio da actualização. A **actualização** designa o processo de conversão do valor de um bem no futuro num valor equivalente no presente segundo uma **taxa de actualização**.

O processo de actualização é defendido pelos economistas como a forma de reflectir o comportamento humano e de como este valoriza os bens. Existe uma fórmula geral de actualização que é escrita da seguinte maneira:

$$VA = \frac{B_t}{(1+r)^t}$$

em que VA corresponde ao valor actual, B_t o benefício futuro no ano t , r a taxa de actualização e t o número de anos.

Esta fórmula permite comparar valores de capital presente e futuro, sabendo que dois montantes iguais em datas diferentes não são idênticos. De facto, existe uma preferência temporal que faz com que qualquer agente económico prefira uma determinada soma de benefícios hoje, em vez de amanhã. As razões psicológicas desta preferência residem na impaciência dos agentes, na incerteza quanto ao futuro e ainda no risco de morte num futuro mais ou menos longínquo. Ou, de outra forma, no decréscimo da utilidade marginal do bem. A taxa de actualização representa este ponto de vista da preferência social no tempo. Uma alteração na taxa de actualização pode modificar significativamente o valor presente de um investimento e, portanto, o seu atractivo, quando se contempla um horizonte temporal relativamente curto.

Por seu turno, a mesma fórmula poderá servir para contabilizar os custos, simplesmente substituindo B por C . A fórmula geral de valorização do valor presente de um conjunto de benefícios e custos que ocorrem ao longo do tempo, conhecidos como o valor actual líquido (VAL), será:

$$\sum \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

5.1. *A Taxa de Preferência Temporal Social e o Custo de Oportunidade do Capital*

A taxa de desconto que a sociedade escolhe de forma a expressar uma **preferência temporal positiva**, é aquela em que o conjunto dos agentes prefere uma determinada soma de benefícios líquidos hoje, em vez dessa mesma soma amanhã. A preferência temporal justifica-se primeiramente na impaciência das pessoas.

Uma segunda aproximação à actualização assenta no rendimento dos capitais, ou **custo de oportunidade do capital**. Neste caso, a taxa de actualização corresponde ao custo social de oportunidade do capital. O custo marginal de oportunidade do capital, enquanto fundamento de actualização tem um papel de unidade da taxa, ou seja, todos os projectos de investimento - de ambiente ou não - são sempre concorrentes e têm como custo de oportunidade do capital a taxa de rendimento marginal do capital. O custo de oportunidade do capital é assim obtido através da observação da taxa de retorno do melhor investimento, de risco semelhante, que é levado a cabo na altura. Só será então considerada razoável a realização do projecto se este produzir "rendimentos" superiores à utilização alternativa dos fundos de investimento.

A aproximação pelo custo de oportunidade não é também imune a críticas pois, se por um lado se espera um reinvestimento do capital, que nem sempre é uma consideração verdadeira, por outro torna-se injusto perante as gerações futuras.

Não existe assim uma relação unívoca entre a taxa de actualização elevada e a degradação do ambiente (por poder incentivar a exploração rápida dos recursos), mas uma taxa de actualização fraca pode tornar uma série de projectos "rentáveis", que também poderão oferecer riscos de ocorrência de danos ambientais. Em consequência, também a procura de recursos naturais irá aumentar pelo aumento do número de projectos de investimento. Pode considerar-se que o valor da taxa de actualização para os projectos de ambiente é pelo menos ambígua (Pearce, Turner, 1990). Existe assim uma forte relação entre a produtividade do capital e a preferência temporal. Ou seja, não deverá ser realizado investimento a não ser que os benefícios futuros compensem a taxa de preferência temporal.

A determinação da taxa de actualização tem gerado controvérsia, sendo longo já o debate entre autores no que diz respeito ao estabelecimento de um valor para esta nos projectos no domínio do ambiente. Alguns autores defendem mesmo a ausência completa de taxas de actualização em matéria de ambiente. Pois, despesas feitas com a protecção do ambiente que só fazem sentir os seus efeitos a muito longo prazo serão então desincentivadas se forem utilizadas taxas muito elevadas (Turner *et al.*, 1994).

Por outro lado, outros afirmam que também não é possível utilizar taxas mais ou menos elevadas, que se alteram segundo a "vontade" dos projectos. Todavia, é geralmente aceite que um custo ou benefício seja tanto menos valorizado quanto mais incerta é a sua ocorrência.

Face a esta "tirania" oferecida pela taxa de desconto vista acima, Turner *et al.* (1994) apresentam uma outra formalização, ao nível do ambiente:

$$s = p + u \cdot c$$

onde s representa a taxa de preferência temporal social (taxa de desconto da sociedade); p a taxa de preferência pura, isto é, a taxa de desconto que surge devido a ser preferível o presente em vez do futuro (ou impaciência); c constitui a taxa de crescimento do consumo real per capita e u a medida da taxa a que o bem-estar extra é concedido, tanto pelo aumento do consumo, como pelo seu decréscimo. Ou seja u corresponde à elasticidade da utilidade marginal do consumo.

5.2. Críticas à Actualização

Como já vimos, quanto mais elevada for a taxa de actualização, maior será a discriminação face às gerações futuras. Assim, quanto maior a taxa de actualização, menor será o stock de capital herdado pelas gerações futuras. É certo que estas irão sofrer das taxas de actualização definidas hoje no mercado, dado que essas taxas são determinadas consoante as preferências da geração actual ou na produtividade do capital (Hanley, Spash, 1994).

Note-se assim, que o que está a ser avaliado neste processo é o que as gerações actuais julgam ser importante para as gerações futuras.

Segundo Pearce e Turner (1990), as críticas à actualização não podem ser consideradas muito fortes quando evidenciadas individualmente. De facto, é um pouco estranho que a impaciência seja um factor primordial na determinação das taxas de actualização, sabendo que quando inserida noutros contextos é normalmente repreendida. No que concerne à actualização pelo argumento da utilidade do consumo, é levantada a questão de que poderá funcionar em circuito fechado. Isto é, a taxa de actualização poderá depender do crescimento esperado, que depende da qualidade ambiental, elemento que, por sua vez, poderá depender da escolha da taxa de actualização. O argumento do custo de oportunidade levanta o problema da produtividade do capital poder ser inconsistente com a questão da sustentabilidade, conservação e alguma justiça intergerações.

Os mesmos autores referem ainda que, uma taxa de actualização igual a zero, que alguns autores defendem faz com que uma unidade monetária seja sempre tratada da mesma forma não importando quando ocorre. Todavia, outros argumentam que uma taxa de actualização igual a zero será mesmo irracional, pois fará com que o consumo não ultrapasse o nível da subsistência. Uma taxa de actualização negativa, por seu turno, significaria que deveríamos sempre adiar o consumo em favor do consumo no futuro, deixando talvez as gerações actuais num nível de consumo abaixo da subsistência. O que acaba por ser praticado na maioria dos países é uma taxa de actualização que varia entre 5 e 12 por cento, apesar de taxas mais elevadas serem algumas vezes argumentadas para países menos desenvolvidos, onde a taxa de retorno do investimento é grande (Pearce, Turner; 1990).

6. ACTUALIZAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

Como vimos, a exploração dos recursos naturais requer a tomada de decisões de investimento que poderão ser irreversíveis ou implicar consequências irremediáveis. Por exemplo, a utilização de recursos hídricos para a produção de energia eléctrica pode exigir a construção de uma grande barragem. Porém, se o progresso tecnológico faz reduzir procura de energia, pode resultar que o projecto seja excessivamente oneroso e impedir o rio de voltar ao seu percurso original. Assim, quando um projecto de investimento tem consequências irreversíveis, os seus benefícios são incertos. Desta feita, quando uma geração actual escolhe uma taxa de actualização, está também a escolher um factor de ponderação para o bem-estar das gerações futuras. E será este processo justo? Não estaremos a correr o risco de esgotar o stock de recursos naturais e/ou a acumular quantidades excessivas de contaminação e de resíduos?

Parece assim mais prudente não enveredar por acções irreversíveis. Ou seja, manter as opções abertas, de forma a que as preferências ambientais das gerações futuras se inclinem para uma maior diversidade dos sistemas naturais.

Por outro lado, é provável que a afirmação dos problemas de equidade intergerações estejam exacerbados face aos relacionados com a equidade intrageração. O tema da actualização parece assim pouco consistente à luz da sustentabilidade, chegando mesmo alguns autores a argumentar ser mesmo um pouco imoral.

Talvez a posição mais plausível a ser tomada no momento, já que existem ainda muitas incertezas referentes à dinâmica e à evolução da exploração dos recursos naturais seja a que defende que as taxas de actualização devem ser ajustadas de forma a acomodarem as considerações ambientais. Só assim, através de resoluções e análises do tipo caso a caso permitirá um maior controle das acções humanas sobre o ambiente.

Uma posição mais radical poderá ser tomada, em que a sustentabilidade deva ser integrada no processo de decisão através da imposição de uma restrição que, qualquer que sejam os benefícios ou os custos envolvidos na decisão, o stock de capital ambiental deverá ser constante. Se houver qualquer dano ambiental no decorrer do projecto, o ambiente deverá ser compensado por acções de reabilitação ou reestabelecimento. Todavia, se forem atingidas situações de irreversibilidade, será difícil proceder a acções de reabilitação ou compensação.

Perhaps the best approach is to combine discounting with the idea of sustainability. Discounting is appropriate as long as it does not lead to a reduction in the long run environmental capital of the society. (Field, 1994)

Note-se que, acima de tudo, existe uma forte componente de incerteza associada a estes processos provavelmente agravados pela prática de um desenvolvimento indefinido.

IV - Proposta de Metodologia de Avaliação das Externalidades Associadas às Fileiras Energéticas

Como vimos no capítulo anterior, o processo de identificação dos custos sociais das actividades económicas é complexo, apesar de já existirem alguns métodos experimentados com o intuito de poder integrar as externalidades no planeamento de futuras actividades e/ou infraestruturas. Vimos também que nenhum método de avaliação económica ou ferramenta de política ambiental deverá ser utilizada isoladamente, mas sim actuar em conjunto com outros instrumentos. E, por fim, reconhece-se que não existem leis universais para a análise das diferentes situações em que se incorre em danos ambientais.

A energia, nas suas diferentes formas é indispensável para a satisfação das necessidades da sociedade. Todavia, são conhecidos os efeitos adversos que o seu uso implica, nomeadamente impactes ecológicos e sociais provocados pela poluição. Assim, também no sector energético deverão não só ser considerados os custos privados mas também os custos externos, se se pretende levar a cabo a utilização racional dos recursos naturais. Se as externalidades forem significativas, e ignoradas no processo de decisão, estaremos perante uma situação de má alocação de recursos que, penalizará fortemente as gerações futuras pela ausência de uma compensação adequada, pela transmissão de custos de restauro e recuperação do legado ambiental.

Os custos externos deverão ser incluídos em todos os níveis no processo de decisão em matéria de energia, desde o nível político (nos planos e programas energéticos), passando pela elaboração de projectos, até ao funcionamento das unidades de extracção, conversão, distribuição e utilização de energia. Só assim, será possível identificar e tentar controlar a magnitude de impactes sobre o ambiente, a saúde pública, as actividades económicas e recreativas, assegurando uma boa gestão dos recursos utilizados para satisfazer a procura de energia, favorecendo a sustentabilidade económica e ecológica de longo-prazo.

Na tentativa de elaboração de uma proposta para sustentar o planeamento em matéria de política energética, propomos uma **metodologia de integração da avaliação económica das externalidades das fileiras energéticas¹** no processo de decisão, como exposto na figura 4-1, onde se definem os passos a seguir no estudo de novos projectos

¹ A designação de fileira energética é muitas vezes apelidada de ciclo de combustível na literatura anglo-saxónica (*fuel cycle*), quando se pretende designar todo o conjunto de actividades que são levadas a cabo desde a exploração do recurso, construção da central ou instalação da tecnologia, ao transporte de combustível (se caso disso), à produção de energia até ao desmantelamento da central.

de energia. Como objectivo último, pretende-se que, na análise comparativa de soluções alternativas de uso de energia, seja possível estimar a magnitude das externalidades associadas a cada hipótese, a fim de apoiar o processo de decisão.

A ideia de criar um caminho de orientação, como o definido na figura 4-1, surgiu na sequência da insuficiência de informação oferecida pela análise de projectos tradicional (baseada apenas em critérios económico-financeiros e tecnológicos), e pela cada vez maior consciência da necessidade de fazer avaliação dos impactes ambientais a eles associados. Como vimos atrás, a análise económica dos custos externos, poderá constituir, pelas suas características, uma boa forma de análise da integração das questões ambientais no planeamento económico.

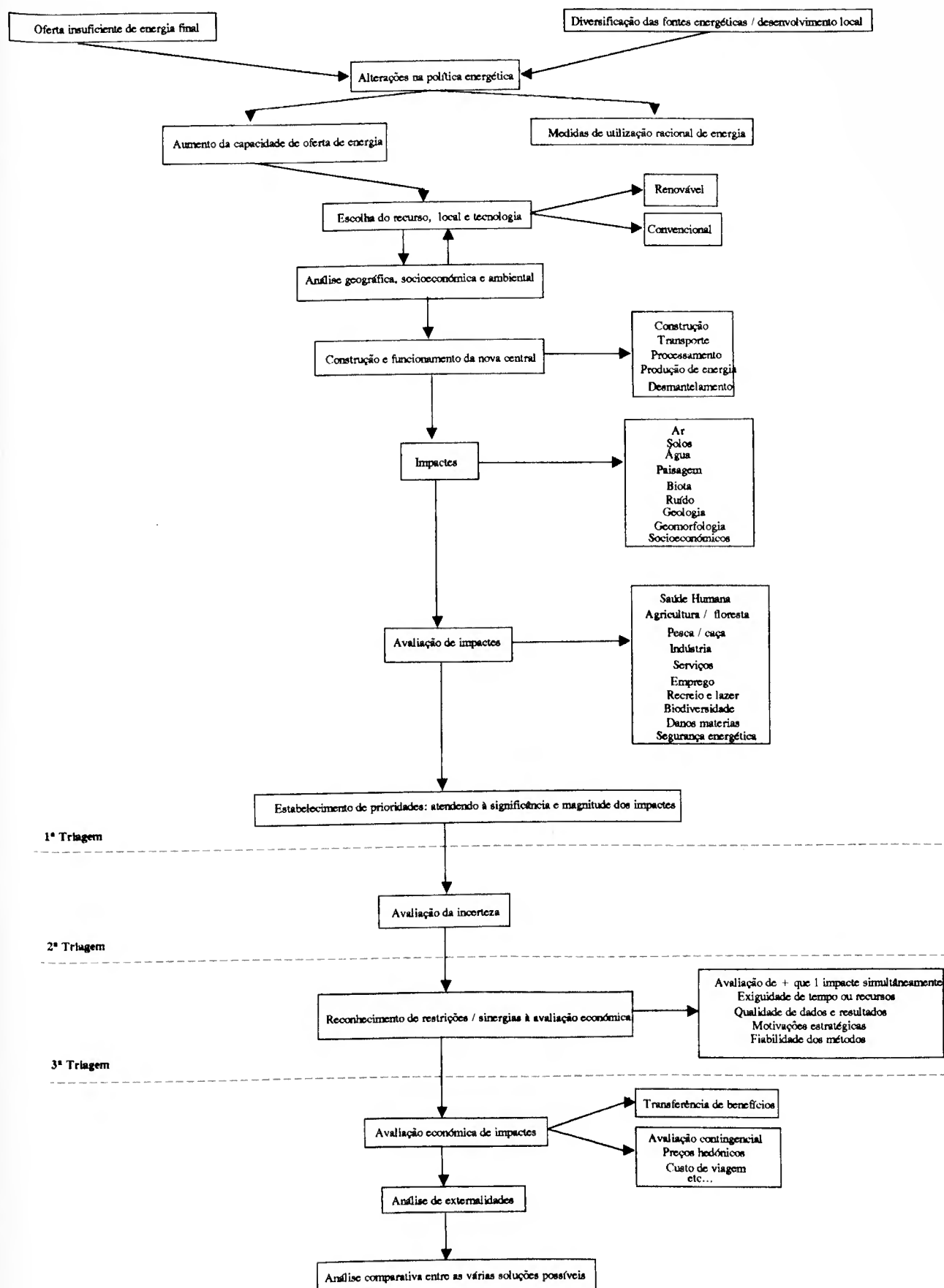
A doutrina da avaliação económica de externalidades dá os primeiros passos na sua aplicação ao campo da energia, daí que se pretenda também com esta contribuição, tentar organizar o pensamento no que diz respeito a uma das actividades económicas mais importantes do presente. Neste sentido, a criação e implementação de meios reguladores em matéria de política de energia poderá permitir a internalização dos custos ambientais, sociais e económicos.

Qualquer **processo de decisão** é frequentemente dotado de **restrições** de tempo, recursos humanos e financeiros, daí que ao longo das fases aqui exploradas se apresentem (ou aconselhem) etapas de reflexão e de triagem, no sentido de averiguar se será realmente viável e/ou compensatório prosseguir até à avaliação económica. Por vezes, factores como a falta de conhecimento científico na avaliação física de alguns impactes, a pequena significância e/ou magnitude de outros ou a forte incerteza, poderão constituir à partida barreiras ao desenvolvimento do processo de monetarização dos impactes ambientais, sociais e económicos.

A metodologia da figura 4-1 é **multidisciplinar** pois, faz uso de técnicas e modelos de avaliação ambiental, económica e de gestão de energia, e poderá ser aplicada à utilização de todos os recursos energéticos, mas com os devidos ajustes à realidade analisada. Chama-se desde já a atenção para a dificuldade e possíveis deficiências que poderão ocorrer ao nível da avaliação dos valores de não-uso, da incerteza associada à análise de alguns impactes e à definição de uma taxa de actualização adequada.

Esta abordagem metodológica pretende oferecer resultados aos políticos de energia, gestores de empresas produtoras de energia eléctrica, responsáveis pelo ambiente ao nível da decisão ou das empresas e a todos os interessados em conhecer o desempenho e consequências da utilização das diferentes tecnologias e recursos energéticos. De salientar que, a aplicabilidade da metodologia aqui defendida foi pensada na óptica do projectista, todavia, a sua utilização à escala do planeamento energético nacional ou regional é também possível, devendo no entanto ser tomado em

Figura 4-1 Esquema metodológico de integração das externalidades de fileiras energéticas no processo de decisão



consideração as diferenças de significado, de incerteza, e de restrições à análise dos impactes a uma escala desse nível.

A utilização dos recursos energéticos envolve muitas e diferentes actividades, cada uma sendo responsável por determinadas emissões e impactes associados. Assim, sugerimos que, no processo de análise seja adoptada uma abordagem do tipo *bottom-up* (ou micro), considerando-se todas as **estapas da fileira energética**. Por outro lado, o trabalho deverá ser o mais transparente possível, de forma a permitir comentários de agentes externos ao processo de decisão e que sejam identificadas as restrições a que a análise está sujeita. O sistema deverá estar perfeitamente delimitado, de forma a possibilitar comparações entre diferentes fileiras energéticas.

Sempre que possível sugerimos, por uma questão de uniformização, que os resultados sejam apresentados em emissões por unidade de energia produzida (p.e. toneladas de poluente/kWh) ou unidade monetária por unidade de energia produzida (p.e. milhares de escudos/kWh). De salientar que, para permitir a comparação de diferentes actuações num determinado local, os impactes considerados são **marginais**, induzidos pela implementação de uma nova unidade de conversão de energia, sabendo que os impactes dependem das condições locais, dos recursos utilizados e da tecnologia em análise.

1. ALTERAÇÕES NA POLÍTICA ENERGÉTICA

Diferentes motivações poderão concorrer para a necessidade de planeamento e alteração da estrutura de oferta e procura de energia. A rápida expansão da actividade económica, nomeadamente industrial e de serviços, a promoção do desenvolvimento local ou regional, a necessidade de diversificação das fontes de energia primária, a redução da dependência energética face ao exterior, o reconhecimento da insuficiente oferta de energia, levam normalmente ao reequacionamento da estrutura da prestação do serviço energético.

Se nos depararmos com uma situação de vontade de redução dos custos da energia para o consumidor e para a economia ou uma tentativa de redução da quantidade de energia consumida para uma determinada prestação energética, poderá optar-se por uma abordagem pela introdução de **medidas de utilização racional de energia (URE) e de conservação de energia**. As acções aqui enquadradas incluem a conversão (produção) racional de energia e a gestão do consumo. Pretende-se assim desenvolver acções junto do utilizador de energia, de forma a gerarem economias de energia sem afectarem o nível das prestações energéticas. Nestas acções incluem-se a inovação tecnológica, a valorização dos resíduos, a substituição de equipamentos, a escolha racional da forma de energia final até à formação do consumidor.

Este tipo de medidas são fundamentais e deverão ser exploradas da melhor forma possível, antes de se optar por recorrer ao aumento da capacidade de oferta.

Pois, a utilização eficiente da energia permite, entre outros, aumentar a longevidade dos recursos energéticos não-renováveis, reduzir a vulnerabilidade dos mercados de energia, reduzir os impactes ambientais e tornar a capacidade de decisão mais flexível (Ferreira, 1994).

Se se pretender ir mais além, a aplicação de metodologias do tipo custo-eficácia e custo-benefício sobre as medidas de URE, poderá constituir um vector de forte investigação, através da avaliação económica de externalidades a elas associadas. Por exemplo, a decisão poderá recair na escolha entre diferentes medidas de redução dos consumos domésticos: na iluminação, aquecimento/arrefecimento e electrodomésticos, tendo em vista uma preocupação ambiental através da avaliação económica dos custos/benefícios externos associadas a cada uma delas. Assim, esperamos que no futuro, a análise das externalidades não contemple apenas o lado da oferta, mas também actue no lado da procura de energia.

Se as medidas URE acima descritas não forem suficientes ou aplicáveis, deverá então estudar-se a hipótese da ampliação da oferta de energia final, que se poderá fazer através do aumento da capacidade instalada das unidades em funcionamento ou mesmo a construção de uma nova instalação.

2. AUMENTO DA CAPACIDADE DE OFERTA DE ENERGIA

Admitindo que é necessário construir uma nova instalação de conversão de energia, há que ser capaz de seleccionar um conjunto de hipóteses possíveis de tecnologia e recurso energético a utilizar, bem como de localização geográfica da mesma. O passo seguinte será então a análise geográfica, socioeconómica e ambiental dos locais em opção, com o objectivo de obter o panorama geral da viabilidade de instalação de uma infraestrutura deste tipo.

A fase posterior deste processo entra em curso quando existe já mais do que uma hipótese para estudo.

2.1. *Construção e Funcionamento da Nova Central*

Neste estágio, começa-se a definir a delimitação do sistema em estudo. Propõe-se aqui que seja analisada a fileira energética completa e não só a fase de produção de energia final². Isto é, deverá estar explícito nesta análise o que foi e não foi considerado, sabendo que se inclui toda a definição da localização de cada estágio da fileira. Numa situação ideal cada impacte poderia ser analisado em todo o seu ciclo de vida, porém, a falta de informação constitui uma limitação típica a este

² O principal problema na definição das fronteiras do estudo diz respeito àquelas actividades que existem um pouco à margem das operações da fileira energética, como seja a produção de aço e cimento para a construção da central... A regra aqui deverá ser que estas fases só deverão ser consideradas se os impactes forem significativos quando comparados com as da fileira em si.

desenvolvimento, aliada, possivelmente, ao pequeno interesse que essa acção poderia representar, ou seja, excesso de informação e pequeno valor acrescentado.

Considera-se que, as principais fases de organização da análise dos impactes serão: a construção da nova unidade, o transporte e processamento do combustível (se for caso disso), a "produção de energia" e o desmantelamento da instalação. Para cada uma destas actividades são identificados e quantificados, sempre que possível, os **impactes** a elas associadas.

A etapa seguinte consiste em fazer a **avaliação de impactes físicos**. Os impactes são tipicamente identificados através de modelos matemáticos e/ou funções dose-resposta. Existem áreas científicas que se encontram mais desenvolvidas que outras, consequentemente, alguns impactes são mais fáceis e rápidos de estimar do que outros; bem como uns mais fiáveis e menos incertos que outros. Se a determinada escala a poluição atmosférica se encontra mais ou menos controlada, e é relativamente simples fazer correr modelos de dispersão de poluentes, quando pensamos na poluição dos solos o mesmo tipo de análise já não é tão linear.

Por outro lado, os efeitos de alguns impactes são negligenciáveis em comparação com outros, ou seja, por vezes, a **significância** de determinado impacte no conjunto de todos é tão pequena ou de uma **magnitude** tão reduzida, que poderá ser perfeitamente desprezado e, consequentemente, abandonado, fazendo com que a avaliação completa seja dispensável. Determinados danos e/ou benefícios poderão ser também tão reduzidos e promover um leque de influências tão fraco que não justifique a continuação da análise até à avaliação económica.

Nesta fase, o trabalho do analista deverá passar pelo **estabelecimento de prioridades**, atendendo à significância e à magnitude dos impactes previamente calculados. Segundo a utilização de funções dose-resposta é muitas vezes difícil obter resultados significativos a partir de baixas concentrações de poluentes, ou mesmo se significativos, poderão fazer-se apenas sentir a muito longo prazo. Será então aconselhável introduzir limiares abaixo dos quais poderão ser desprezados, ainda que esta hipótese torne a análise muito limitativa às áreas onde os valores passam acima do tecto estabelecido.

Outros problemas poderão surgir, por exemplo, na **não existência de modelos** já desenvolvidos adequados para estimar com credibilidade os impactes, não sendo possível obter resultados para levar até à fase da avaliação económica. Mais adiante faremos uma breve revisão do estado de desenvolvimento da ciência na avaliação física de impactes.

Após a análise da significância e da magnitude dos impactes, deverá ser efectuada a **primeira triagem**, que escolherá os impactes que merecem seguir até à fase da quantificação económica.

A forma de fazer a avaliação de impactes que sugerimos é a abordagem metodológica do tipo *impact pathway*. Aí, são analisadas sinteticamente as ligações entre as actividades existentes ao longo da fileira energética e os impactes associados. Ou seja, há a avaliação de impactes em que a trajectória do poluente é traçada desde o local onde tem origem até ao receptor afectado. A esta avaliação segue-se a avaliação económica.

(i) Avaliação física de impactes

Como vimos, previamente ao processo de avaliação económica de impactes é normalmente executada a avaliação física. Como o estágio de desenvolvimento dos modelos e outras ferramentas de análise de impactes não é semelhante para todos, tentámos sistematizar a capacidade da ciência em fornecer dados de *input* a esta avaliação, com base em opiniões periciais.

Em primeiro lugar, foram seleccionados os impactes que na avaliação de projectos de energia são normalmente considerados os mais significativos: poluição do ar, qualidade da água, poluição dos solos, o ruído, e os efeitos sobre a saúde pública, a biodiversidade e as culturas agrícolas. Os últimos três representam exemplos de efeitos sobre o Homem, o ecossistema e as actividades económicas. Salvaguardamos a existência de interactividade entre todos eles.

Posteriormente foram contactados especialistas de cada uma destas áreas, com o objectivo de saber quais as capacidades da ciência em responder às necessidades de informação. No sentido de sistematizar os dados recolhidos, foram criadas matrizes para os diferentes impactes, em que se avaliou a existência de modelos físicos³; os requisitos de tempo, dados e recursos; a fiabilidade dos resultados, e a possibilidade de realizar transferência de benefícios ou custos (já a pensar na fase seguinte de avaliação económica) -cf. com quadros abaixo.

Para simplificar o processo de avaliação e dada a subjectividade associada aos diferentes parâmetros, o nível de detalhe pretendido nesta análise foi, respectivamente: **elevada, média e baixa**. Assim, considera-se a existência de modelos físicos elevada quando estes existem em número suficiente para responder às diferentes situações possíveis de ocorrências ou, são de fácil adaptação. O critério de consideração dos requisitos de tempo elevados corresponde a situações em que leve mais de três a quatro meses a sua execução (tempo normal de elaboração de um estudo de impacto ambiental). Note-se que os requisitos de tempo incluem a busca de dados e a adaptação dos modelos quando necessário. Recursos elevados significam também a necessidade de afectação de muita mão-de-obra e capital à actividade de avaliação. A fiabilidade dos resultados é elevada quando, na opinião dos especialistas e, face ao estágio de desenvolvimento da ciência, há uma certa segurança nos resultados obtidos. A possibilidade de realização de transferência de benefícios é elevada quando há estudos de referência significativos nessas matérias. Com esta informação, o analista poderá

³ Considera-se aqui a designação de modelo físico equivalente à designação de modelo matemático. A noção de modelo físico surge assim apenas como oposição a modelo económico.

prever a dificuldade de avaliação de cada impacte e consoante as restrições, executará a triagem dos impactes a analisar. Convém deixar aqui uma nota de precaução quando se considera a utilização de modelos pois, não existem modelos absolutos e a sua *performance* depende do utilizador, dos dados inseridos, do modelo em si e da sua aplicação (Samuelsen, 1980).

- Poluição do ar

No caso da utilização de combustíveis fósseis ou biomassa, a maioria dos poluentes resultantes da geração de electricidade são inicialmente emitidos para o ar, (CO₂, partículas e NO_x), embora posteriormente cheguem à água ou ao solo. Alguns poluentes são inertes (p.e. CO₂), de forma que apenas o seu transporte físico necessita de ser analisado. Contudo, outros, são moderadamente reactivos (p.e. SO₂) e a sua transformação química precisa de ser tida em consideração, nomeadamente na análise à escala regional e global. Provavelmente, um dos mais importantes é o ozono, cuja concentração é determinada por uma complexa série de reacções (Tilman, 1987).

Os modelos de qualidade do ar são utilizados para descrever as interacções entre os componentes da atmosfera e, pelas especificidades das condições meteorológicas, geomorfológicas, química do ar, características das fontes emissoras e dos poluentes, cada caso deverá ser considerado "um caso".

Conforme averiguamos, existem basicamente duas formas de fazer a análise de impactes de poluição atmosférica: em cenário episódico e em cenário estatístico. O primeiro corresponde a uma análise em situação de acidente (ou catastrófico) enquanto que o último diz respeito à análise em contínuo, segundo percentis de quantificação ou valores médios. A modelação poderá ainda ser feita à escala ou segundo modelos matemáticos, de que os modelos Gaussianos são exemplo.

Os modelos numéricos existem em número elevado (modelos da *Environmental Protection Agency* dos EUA), porém foram concebidos para condições geomorfológicas e geográficas bastante diferentes das existentes em Portugal e preparados para a utilização de dados meteorológicos de volume mediantemente significativo mas que, ao nível nacional só existem medições nalguns locais e muitas vezes obtidos em más condições (o que poderá constituir um constrangimento de ordem política).

Assim, bons modelos preparados para a utilização em terreno complexo, que considerem a interface com relevo e água, são praticamente inexistentes, o que faz com que a adaptação dos demais modelos existentes não ofereça resultados de fiabilidade elevada.

Pode dizer-se que a necessidade de tempo está também dependente da quantidade de informação disponível para fazer correr os modelos.

Pela mesma razão são também escassos os estudos de referência neste domínio, o que desaconselha a opção pela prática da transferência de benefícios, porém quando existem, poderão ser um bom guia para avanços na análise.

Quadro 4-1 Poluição do ar
Parâmetro

| Parâmetro | Valia |
|--|-------------|
| Existência de modelos físicos | elevada |
| Necessidade de tempo | média/baixa |
| Necessidade de dados | média |
| Necessidade de recursos | média |
| Fiabilidade de resultados | média |
| Possibilidade de realização de transferência de benefícios | média |

• Qualidade da água

Segundo ENCO (1994), a preocupação com a qualidade da água merece ser particularmente importante nos casos da fileira do carvão, do nuclear e hídrico. A poluição da água está particularmente relacionada com a deposição ácida, a concentração de oxigénio, a eutrofização, alterações da temperatura, mas depende também de diversos factores como, a química dos solos e a composição da rocha-mãe. A poluição da água é particularmente problemática, pois tem uma influência directa sobre a fauna e sobre a flora. A poluição da água afecta também os usos de solo, as actividades agrícolas, industriais, comerciais e recreativas.

A opinião pericial advoga que, a necessidade de dados, tempo e recursos torna-se, no caso da avaliação da qualidade da água, tanto mais elevada quanto maior for a dimensionalidade e a dinâmica do estudo a executar. Enquanto uma análise local poderá rapidamente oferecer estimativas, se incorreremos na utilização de modelos ecológicos, a incerteza torna-se muito elevada, o processo moroso e os resultados menos fiáveis.

Tendo em consideração os objectivos da análise e da adequação do modelo utilizado à situação em questão, quando devidamente calibrados, os modelos poderão mostrar uma boa *performance*. As alterações na qualidade da água conseguem assim ser bastante previsíveis, devendo os resultados ser analisados por especialistas com experiência (e bom-senso).

Existem já alguns estudos sobre qualidade da água em diferentes situações de análise, o que permite a possibilidade de enveredar pela execução de transferência de benefícios, todavia não serão de esquecer as precauções a tomar nestas situações.

Quadro 4-2 Qualidade da água
Parâmetro

| Parâmetro | Valia |
|--|---------|
| Existência de modelos físicos | elevada |
| Necessidade de tempo | elevada |
| Necessidade de dados | elevada |
| Necessidade de recursos | média |
| Fiabilidade de resultados | média |
| Possibilidade de realização de transferência de benefícios | média |

- Poluição do solo

Uma grande variedade de poluentes, em que se inclui o ozono e o dióxido de enxofre, são capazes provocar impactes fortes no solo de algumas regiões. A acidez é uma das principais preocupações de algumas regiões da Europa pois, os solos constituem o suporte de desenvolvimento de coberto vegetal e culturas agrícolas, por isso a atenção, no que diz respeito a impactes, deverá estar também orientada para a estabilização do solo, a retenção de carbono e a protecção da biodiversidade. A erosão é progressiva e irreversível e pode ter um grande impacte agrícola, ambiental e económico (Alvarez; Alonso; 1994).

Na temática da avaliação de impactes sobre a poluição do solo, averiguámos que há ainda bastante trabalho por executar. Os modelos são escassos e requerem um elevado volume de dados, recursos e tempo para os tratar. É também notória a exiguidade de informação, o que faz com que se tenha de recorrer muitas vezes a estimativas. Face às características dos dados de base, os resultados da modelização, construída sobre deduções, não poderão usufruir de elevado grau de fiabilidade. A transferência de benefícios poderia constituir uma opção de recurso para estes casos, porém a falta de estudos de referência poderá representar um entrave a esta opção.

Quadro 4-3 Poluição do solo

| Parâmetro | Valia |
|--|--------------|
| Existência de modelos físicos | baixa |
| Necessidade de tempo | elevada |
| Necessidade de dados | elevada |
| Necessidade de recursos | elevada |
| Fiabilidade de resultados | baixa |
| Possibilidade de realização de transferência de benefícios | baixa |

- Ruído

O ruído pode afectar tanto a saúde humana como o ambiente. Contudo, os problemas de audição parecem surgir só quando os indivíduos estão sujeitos a elevados níveis de ruído, o que acontece a alguns trabalhadores das unidades de conversão de energia. Os estádios onde ocorrem maiores níveis de ruído são notados na própria central e no transporte do combustível. (ETSU - Comissão Europeia, 1995)

A avaliação dos impactes provocados pelo ruído parecem estar já bastante estudados, oferecendo resultados considerados bastante fiáveis segundo a opinião de especialista, mas deverá ser salvaguardado o facto de a necessidade de tempo e de dados para a execução da análise depender das características das situações em questão. Em Portugal, existem critérios legais de regulação destes impactes, o que por si só poderá constituir um incentivo ao desenvolvimento e ao controle nesta temática.

Quadro 4-4 Ruído

| Parâmetro | Valia |
|--|--------------|
| Existência de modelos físicos | elevada |
| Necessidade de tempo | média |
| Necessidade de dados | média |
| Necessidade de recursos | média |
| Fiabilidade de resultados | elevada |
| Possibilidade de realização de transferência de benefícios | média |

• Saúde pública

Os impactes prioritários de saúde pública estão associados com a poluição do ar, em que a central (convencional) de produção de energia é, entre as diferentes unidades de conversão de energia, a mais importante fonte de emissões (Ottinger, 1990).

Os poluentes mais importantes por impactes na saúde humana são as partículas e o ozono. A dificuldade na aplicação de modelos de alguns poluentes (p.e. SO₂ e NO_x) torna por vezes a quantificação destes impactes uma tarefa penosa. Neste domínio poderão ser considerados os impactes desde o decréscimo da qualidade de vida, a morbidez até à mortalidade. (Krupnick *et. al.*, 1990) Os sintomas típicos resultantes da poluição atmosférica dizem respeito aos maus odores, irritação ocular, ou das vias respiratórias.

Nalgumas fileiras energéticas surgem também impactes sobre a saúde ocupacional, resultantes da poluição atmosférica (p.e. mineiros de carvão ou plataformas petrolíferas em *off-shore*).

Averiguámos que, o potencial da poluição para afectar um organismo depende de diversos factores, como sejam, entre outros: a concentração do poluente, o tempo de exposição, o intervalo entre exposições e a sensibilidade do receptor. Estes factores poderão variar muito de indivíduo para indivíduo. Por outro lado, poderão existir outros efeitos cumulativos, como sejam: a exposição a mais do que um poluente simultaneamente, se o indivíduo fuma, idade, sexo, entre muitos outros.

Por todas estas razões a necessidade de dados é elevada e a fiabilidade dos resultados ainda pouco fiável. Existem, no entanto, já alguns estudos de referência nesta matéria, porém, deverão ser utilizados tomando em consideração as especificidades dos indivíduos e fazendo as análises de sensibilidade necessárias.

Quadro 4-5 Saúde pública

| Parâmetro | Valia |
|--|--------------|
| Existência de modelos físicos | elevada |
| Necessidade de tempo | média |
| Necessidade de dados | elevada |
| Necessidade de recursos | média |
| Fiabilidade de resultados | média/baixa |
| Possibilidade de realização de transferência de benefícios | média |

• Biodiversidade

A biodiversidade é um conceito complexo, que diz respeito às diferenças entre os sistemas naturais, em todos os níveis, desde a biosfera, passando pelos ecossistemas, pelas espécies, até ao material genético. A exploração das fileiras energéticas é capaz de afectar todos estes níveis. A deposição ácida elimina as concentrações base de cationes no solo e mobiliza o alumínio. O azoto é um agente fertilizante mas afecta a competição inter-espécies. O ozono danifica as células... Os impactos destes poluentes de nível regional têm características de longo-prazo, o que pode levar a dificuldades na sua identificação. (ETSU - Comissão Europeia, 1995)

Segundo a opinião de especialistas, a exiguidade de modelos disponíveis para fazer a avaliação dos impactos sobre a biodiversidade é muito significativa que, aliada à grande dificuldade de avaliação do património biológico existente e do passado, cria fortes entraves ao estudo destes fenómenos. Em Portugal, é urgente coligir e organizar a informação sobre este tema de forma sistematizada; pois, não há registo histórico de informação no domínio da biodiversidade e pouca há relativamente ao presente. Apesar de existirem trabalhos dispersos, estes não parecem formar uma unidade, representando apenas trabalho individualizado.

Por outro lado, a realidade portuguesa é muito diversa e biologicamente sofreu muitas alterações de origem antropogénica, o que dificulta muito o aproveitamento e a aplicação de modelos elaborados para outros países, de características muito distintas.

Quadro 4-6 Biodiversidade

| Parâmetro | Valia |
|--|--------------|
| Existência de modelos físicos | baixa |
| Necessidade de tempo | elevada |
| Necessidade de dados | elevada |
| Necessidade de recursos | elevada |
| Fiabilidade de resultados | baixa |
| Possibilidade de realização de transferência de benefícios | média/baixa |

• Culturas agrícolas

A resposta das plantas aos poluentes atmosféricos depende de uma série de factores, como sejam, entre outros: a concentração do poluente, a espécie, o estágio de crescimento, as condições ambientais (Roberts, 1984). Existe ainda muita incerteza sobre a reacção das culturas aos poluentes, embora nestas situações seja esperada a perda de produtividade ou a sua deterioração. Por outro lado, existe um conjunto de problemas ambientais associados a alterações na vegetação que não poderão ser atribuídos directamente a um só poluente (Wellburn, 1990). Existe assim muito trabalho a desenvolver neste domínio e note-se que a grande maioria da investigação já desenvolvida é de origem experimental e baseia-se em funções do tipo dose-resposta.

Em função do anteriormente exposto e face à falta de conhecimento nesta área não nos permitimos tirar conclusões sobre a fiabilidade dos resultados nem da aplicabilidade da transferência de benefícios.

Quadro 4-7 Culturas agrícolas

| Parâmetro | Valia |
|--|----------------|
| Existência de modelos físicos (funções dose-resposta) | média/baixa |
| Necessidade de tempo | média |
| Necessidade de dados | média |
| Necessidade de recursos | média |
| Fiabilidade de resultados | não conclusivo |
| Possibilidade de realização de transferência de benefícios | não conclusivo |

• Outros impactes

Dois outros impactes importantes associados às fileiras energéticas, estão relacionados com a danificação dos materiais e o aquecimento global. A deposição ácida resultante da queima de combustíveis fósseis é um processo largamente conhecido e associado à danificação dos edifícios e materiais, particularmente agravada nos casos de corrosão de edifícios históricos. Por outro lado, as emissões de gases percursoros do efeito de estufa, associados a cada fileira encontram-se relativamente bem identificados, sendo as emissões de dióxido de carbono as principais responsáveis. Estima-se que os impactes do aquecimento global afectem um largo espectro de receptores. Todavia, avaliar os danos é uma tarefa complexa, incerta e de longo-prazo. Admite-se que exista uma alteração do clima ao nível regional, mas a sua quantificação é difícil. É, no entanto, claro que o aquecimento global pode provocar fortes implicações sobre o desenvolvimento das florestas, da agricultura, dos ecossistemas naturais, o nível das águas do mar e a oferta de água (ETSU - Comissão Europeia, 1995).

Entre outros impactes não referidos, mas identificados nas diferentes fileiras, incluem-se: os impactes resultantes dos resíduos das centrais, o impacte visual das estruturas e redução da visibilidade, entre outros.

Desta análise poderá referir-se que, a discrepância entre disciplinas, em termos de desenvolvimento de modelos, da sua aplicabilidade e necessidade de informação de base para a sua utilização é bastante notória. De qualquer forma parecem-nos existir áreas prometedoras, que poderão fornecer bons resultados, para servirem de base à análise económica. Nalgumas situações a transferência de benefícios poderá constituir uma boa solução.

Todos os impactes que analisámos têm representatividade quando se pensa nas actividades de conversão de energia. Assim, para uma melhor visualização dos impactes ambientais associados ao sector energético, elaboramos uma tabela (Quadro 4-8) síntese dos principais impactes que aconselhamos considerar na análise de projectos de energia. Na tabela cruzamos os diferentes parâmetros ambientais com as fileiras energéticas mais representativas no actual panorama português: fileira dos combustíveis

fósseis (inclui carvão e fuel); fileira da energia da biomassa (inclui biogás), hídrica; solar, eólica e geotermia (alta entalpia).

Para tornar a análise mais completa adicionámos as considerações sobre o impacte visual e da danificação de materiais.

Quadro 4-8 Principais impactes a considerar por fileira energética

| | Combustíveis fósseis | Biomassa | Hídrica | Solar | Eólica | Geotermia |
|-----------------------------|-------------------------|----------|---------|-------|--------|-----------|
| Poluição do ar | | | | | | |
| Qualidade da água | | | | | | |
| Poluição do solo | | | | | | |
| Ruído | | | | | | |
| Saúde Pública | | | | | | |
| Biodiversidade | | | | | | |
| Culturas agrícolas | | | | | | |
| Impacte visual | | | | | | |
| Danificação de materiais | | | | | | |

Os processos de combustão de carvão e fuel libertam para a atmosfera, poluentes inertes ou com capacidade de reagir, que poderão produzir efeitos sobre a saúde pública, as culturas agrícolas, os materiais e solo (Porritt, 1993). No conjunto, destacam-se os óxidos de azoto, o dióxido de enxofre, o monóxido de carbono, ozono e partículas. As descargas térmicas de água a partir de centrais térmicas têm dois impactes principais sobre os cursos de água: com o aumento da temperatura (pela descarga térmica, a solubilidade do oxigénio na água diminui (Lei de Henry) e a velocidade de deposição das partículas aumenta (CEEETA, 1993).

As centrais térmicas convencionais são, como já dissémos atrás, importantes emissoras de ruído, reflectindo-se particularmente na saúde ocupacional dos trabalhadores. Por outro lado, a alienação de cinzas constitui também um factor de poluição do solo. Por fim, o impacte visual da estrutura da unidade é bastante significativo.

Os restantes grupos de fontes de energia designados correspondem às energias renováveis. Ainda que muitas vezes seja argumentado o contrário, a utilização das energias renováveis associa um conjunto de problemas (Liu, 1993).

A utilização de biomassa, ainda que a uma escala menor, identifica-se com os problemas preconizados pela utilização dos combustíveis fósseis, tanto na poluição do ar e dos consequentes efeitos sobre os receptores humanos, seres vivos e materiais, como nos eventuais efeitos sobre a qualidade da água. No entanto, pela baixa toxicidade, a biomassa não é tão nociva como as energias fósseis tradicionais (Porritt, 1993).

Os efeitos de ruído e impacte visual mantêm-se, tal como no respeitante aos combustíveis fósseis.

As áreas ocupadas por albufeiras para fins energéticos poderão ser alvo de crítica por poderem estar a retirar usos que, nalgumas situações seriam mais desejáveis. Por outro lado, a estrutura da barragem constitui uma barreira à migração dos peixes,

cuja saúde também poderá ser afectada com as alterações de temperatura da água do reservatório em situação de descarga (Liu, 1993). As barragens constituem, por fim, unidades de também forte impacte visual.

A energia solar é utilizada em pequena e grande dimensão. No último caso poderá ser requerida uma vasta área de terreno para a sua instalação. No entanto, a utilização de sistemas solares preconiza apenas um efeito de impacte visual.

A utilização do recurso eólico afecta o ambiente principalmente pelo seu efeito estético. Porém, também o ruído resultante da vibração das pás poderá causar efeitos adversos. A interferência nos campos magnéticos das emissões de rádio e TV poderá fazer-se sentir. A existência das turbinas eólicas poderão também alterar o percurso de deslocação de aves migratórias (Liu, 1993).

A poluição atmosférica pela utilização de energia geotérmica de alta entalpia resulta da emissão de gases de enxofre, de amónia e dióxido de carbono, que podem produzir danos na saúde humana, biodiversidade e materiais. A utilização do fluído geotérmico poderá ser um grande responsável pela contaminação da água por calor e ingredientes tóxicos e, conseqüentemente, produzir efeitos na biodiversidade e no solo. A estrutura da central geotérmica também poderá ser acusada de criar impacte visual.

2.2. Restrições e sinergias à avaliação económica

A análise da **incerteza** é crucial para a credibilidade dos resultados. Depois de seleccionados os impactes pelos padrões da significância e da magnitude, deverá passar-se a uma segunda fase em que é avaliado o grau de incerteza associado aos impactes estimados e fazer uma **segunda triagem**, eliminando aqueles que se revelam duvidosos para que possam passar à avaliação económica. Numa situação ideal, deveríamos conhecer modelos em que as variáveis seriam contabilizadas de forma suficientemente detalhada para que fosse perceptível o processo de geração de impactes. Note-se que a problemática da incerteza é tão importante na fase de avaliação física como na fase da avaliação económica.

Nos casos em que a informação apropriada é insuficiente, poderão efectuar-se análises de sensibilidade, por exemplo através de taxas de desconto diferentes, ou criar níveis de confiança. Deverão então eliminar-se os parâmetros mais pobres e não enveredar pela quantificação económica dos mesmos. E assim está completa a segunda triagem.

A última etapa a considerar antes do processo de análise económica diz respeito à **capacidade de avaliação da equipa** que a executa. Há que estimar a dotação em tempo e recursos, escolher os métodos a utilizar, ponderar a qualidade dos dados e dos resultados a obter, saber se há possibilidade de criar sinergias (avaliar simultaneamente mais do que um impacte), e se não existem mecanismos exteriores que influenciem negativamente o processo de avaliação económica (como motivações estratégicas políticas, ambientais ou económicas, etc.).

Depois de efectuada a **terceira triagem** dos impactes a levar à avaliação económica, há que proceder à sua execução. Aqui, dois caminhos poderão ser seguidos. Por um lado, a utilização dos métodos de avaliação económica, de forma pura, no caso de existirem grandes recursos financeiros e de tempo, ou se pelo contrário, os recursos são escassos e a decisão urgente, se opta pelo processo de transferência de benefícios, quando aplicável. Consideramos que esta última opção poderá constituir um campo promissor de avaliação económica de externalidades associadas ao sector energético, pelas características de diversidade de efeitos que a actividade encerra. No entanto, há que saber quando é que um dado é transferível de um estudo para outro e que modificações deverão ser realizadas antes de os valores serem utilizados no novo contexto.

(i) Métodos de avaliação económica

Se os recursos e o interesse em fazer avaliação económica forem tão fortes que justifiquem a realização da avaliação económica de base, sem recorrer à transferência de benefícios, então poderão ser utilizados os métodos explorados nos capítulos anteriores, atendendo às suas características e limitações e à situação de referência.

2.3. Análise de externalidades

O objectivo de fazer análise de externalidades é o de fornecer aos políticos a informação de forma sintética sobre as implicações de determinada acção ou empreendimento, de forma a possibilitar um melhor processo de decisão. A análise multidisciplinar é também essencial para assegurar que seja utilizado o melhor da ciência disponível.

Depois de analisadas as diferentes hipóteses, o resultado da avaliação de externalidades servirá para completar a análise custo-benefício e assim apoiar a escolha da solução mais adequada. Ou seja o que levará a incorrer em menores custos sociais, ou apoiará a execução da regulamentação ambiental.

V - As Externalidades da Utilização de Energia: Caso de Estudo

A geração de electricidade e calor a partir de fontes de energia renováveis é normalmente considerada ambientalmente benigna, porém, como vimos no capítulo anterior, as tecnologias e os recursos utilizados não estão livres de criar impactes. Neste capítulo, pretende-se fazer uma demonstração da aplicação prática, através de um pequeno exemplo de utilização de biomassa, de parte da metodologia defendida no capítulo anterior e dos métodos anteriormente analisados. Isto é, fazer a análise desde a identificação do recurso, local e tecnologia até à avaliação económica de impactes (vide figura 4-1). Não se pretende aqui fazer uma análise exaustiva do processo de conversão de energia, mas tentar mostrar os aspectos principais a ter em consideração num trabalho de avaliação de impactes de projectos de energia e apontar as necessidades de informação mais prementes. Sabendo que a avaliação económica é cara, consumidora de tempo e de recursos, é necessário ter consciência que há que seleccionar os impactes mais significativos, para isso propomos uma forma sistematizada de o fazer, com a ajuda da metodologia defendida no capítulo anterior.

1. CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

A situação em estudo refere-se a uma fábrica de produção de pasta de papel, situada na Figueira da Foz, que aproveita a casca da madeira utilizada no fabrico da pasta de papel, para a geração de electricidade e calor. A capacidade da caldeira é de 92 MWt e do gerador de 16.8 MWe, operando com uma eficiência de 77% durante 8312 horas por ano. As fases da fileira incluem: (i) o transporte do combustível desde a plantação de árvores¹ até à fábrica; (ii) o armazenamento e alimentação do descascador; (iii) descasque e tratamento da casca; (iv) armazenamento da casca; (v) produção de vapor; (vi) cogeração; (vii) tratamento de fumos e (viii) recolha, transporte e tratamento das cinzas.²

Depois da análise geográfica e socioeconómica e ambiental da localização da instalação, deverá contabilizar-se as emissões ambientais e socioeconómicas associadas à construção e funcionamento da unidade, com a finalidade de identificar os impactes a elas associadas. Por dificuldade de obtenção de informação, os dados são apresentados sob a forma quantitativa e qualitativa.

¹ Esta plantação tem meramente fins industriais. Ou seja, o combustível biomassa corresponde apenas aos resíduos e casca das árvores que servem de matéria prima à produção de pasta de papel.

² A informação quantitativa a seguir apresentada respeitante a este caso, refere-se a valores indicados em CEEETA (1993).

Para as actividades associadas ao transporte do combustível é necessário a utilização de mão-de-obra, equipamento, consumo de gasóleo e uso de estradas.

Quadro 5-1 Emissões associadas ao transporte do combustível

| | Emissões | Unidades |
|----------------------------|-----------|-----------|
| Gasóleo: | 485.930 | t/ano |
| CO | 10.0104 | t/ano |
| VOCs | 3.5024 | t/ano |
| SO2 | 2.884 | t/ano |
| CO2 | 1 536.500 | t/ano |
| NOx | 30.730 | t/ano |
| PM | 2.102 | t/ano |
| Mão de obra | 40 834 | horas/ano |
| Risco de acidente | 40 834 | horas/ano |
| Ruído | baixo | |
| Utilização de estradas | 1 633 380 | km/ano |
| Custos (emprego indirecto) | 1 211 935 | Ecus/ano |

O processamento do combustível requer a utilização de mão-de-obra, equipamento, consumo de gasóleo e electricidade.

Quadro 5-2 Emissões associadas ao processamento do combustível

| | Emissões | Unidades |
|----------------------------|----------|-----------|
| Gasóleo: | 13.773 | t/ano |
| CO | 0.283 | t/ano |
| VOCs | 0.099 | t/ano |
| SO2 | 0.081 | t/ano |
| CO2 | 43.424 | t/ano |
| NOx | 0.868 | t/ano |
| PM | 0.059 | t/ano |
| Mão de obra | 11 683.4 | horas/ano |
| Risco de acidente | 11 683.4 | horas/ano |
| Custos (emprego indirecto) | 155 402 | Ecus/ano |
| Ruído | elevado | |

As emissões associadas à geração de electricidade e tratamento de fumos e cinzas incluem a utilização de mão-de-obra, equipamento e consumo de gasóleo e electricidade.

Quadro 5-3 Emissões associadas à geração de electricidade, tratamento de fumos e cinzas

| | Emissões | Unidades |
|----------|----------|----------|
| Gasóleo: | 2.04 | t/ano |
| CO | 0.042 | t/ano |
| VOCs | 0.0147 | t/ano |
| SO2 | 0.0121 | t/ano |
| CO2 | 6.4504 | t/ano |
| NOx | 0.1290 | t/ano |
| PM | 0.0088 | t/ano |

| | | |
|----------------------------|-----------|-----------|
| Casca: | 155 560 | t/ano |
| CO | 945.1 | t/ano |
| SO2 | 14.8 | t/ano |
| CO2 | 151 251.9 | t/ano |
| NOx | 258.9 | t/ano |
| PM | 84.0 | t/ano |
| VOC(nm) | 129.5 | t/ano |
| VOC (m) | 27.7 | t/ano |
| Mão de obra | 9 000 | horas/ano |
| Risco de acidente | 9 000 | horas/ano |
| Utilização de estradas | 9 600 | km/ano |
| Resíduos: | | |
| M.O. | 2 040 | t/ano |
| Potássio | 300 | t/ano |
| Cálcio | 2 304 | t/ano |
| Magnésio | 336 | t/ano |
| Azoto | 7 | t/ano |
| Sódio | 168 | t/ano |
| Cloro | 240 | t/ano |
| Custos (emprego indirecto) | 1 211 935 | Ecus/ano |
| Ruído | médio | |
| Produção de energia: | | |
| Electricidade | 458 234 | GJ/ano |
| Calor | 612 646 | GJ/ano |

Quadro 5-4 Emissões associadas à construção e desmantelamento da central

| | Emissões | Unidades |
|----------------------------|------------|----------|
| Mão de obra | 1 584 000 | horas |
| Risco de acidente | 1 584 000 | horas |
| Custos (emprego indirecto) | 16 110 387 | Ecus |

2. OS IMPACTES E A AVALIAÇÃO ECONÓMICA

Depois de identificadas as emissões associadas às diferentes actividades ao longo do ciclo energético e constituída a base para uma avaliação qualitativa e quantitativa do projecto, passamos à fase de quantificação de impactes físicos. Como vimos, os impactes podem ser mais ou menos directos, dependendo da sua complexidade.

Como também verificámos no capítulo anterior, na avaliação física de impactes normalmente recorre-se a modelos matemáticos, como sejam os modelos de dispersão de poluentes e às designadas funções dose-resposta, que estabelecem a relação entre a exposição e algum evento ou consequência valorizável.

A seguir estão listados os principais impactes identificados com a fileira da biomassa, em análise. Aproveitamos aqui a oportunidade rever os métodos de avaliação económica teoricamente utilizáveis (baseando-nos nas características definidas no capítulo III), e apresentar os resultados encontrados para este projecto (Quadros 5-5 e 5-6).

Quadro 5-5 Emissões, impactes físicos e métodos de avaliação económica**EMISSIONES ATMOSFÉRICAS**

| Emissões | Efeito | Impacte Físico | Método de Avaliação Económica |
|------------------------------|----------------------------------|---|---|
| Dióxido de carbono | Dispersão atmosférica | -Aquecimento global (efeitos nas: características da atmosfera, saúde pública, biodivers. e solo) | Avaliação contingencial |
| Monóxido de carbono | Dispersão atmosférica | -Saúde ocupacional | Funções dose-resposta; avaliação contingencial |
| Dióxido de enxofre | Dispersão atmosférica | -Saúde pública -Efeitos sobre as culturas | Funções dose-resposta; avaliação contingencial e contabilização pelos preços de mercado nacionais |
| Monóxido de azoto | Dispersão atmosférica | -Saúde pública -Efeitos sobre as culturas -Efeitos sobre as florestas | Funções dose-resposta; avaliação contingencial e contabilização pelos preços de mercado nacionais |
| Ozono | Formação secundária na atmosfera | -Saúde pública -Efeitos sobre as culturas -Efeitos sobre as florestas | Funções dose-resposta; avaliação contingencial e contabilização pelos preços de mercado nacionais |
| Partículas | Dispersão atmosférica | -Saúde pública | Funções dose-resposta; avaliação contingencial |
| Compostos orgânicos voláteis | Dispersão atmosférica | -Saúde pública | Funções dose-resposta; avaliação contingencial |

EMISSIONES RESÍDUOS SÓLIDOS

| | | | |
|--------|-----------------------|---|--|
| Cinzas | Alienação de resíduos | -Saúde humana -Efeitos na produtividade das culturas | Avaliação contingencial; funções dose-resposta; e preços hedónicos |
|--------|-----------------------|---|--|

OUTRAS EMISSIONES

| | | | |
|--------------------------------------|----------------------|--|---|
| Utilização das estradas | Tráfego de pesados | -Danificação da estrada | Preços hedónicos; despesa preventiva / custo de substituição; custo de viagem |
| Ruído | Tráfego de pesados | -Depreciação do preço das propriedades -Saúde ocupacional | Preços hedónicos; despesa preventiva / custo de substituição |
| Acidentes ocupacionais | Efeito directo | -Mortalidade / Morbidez | Avaliação contingencial; funções dose-resposta |
| Necessidade de mão-de-obra | Efeito directo | -Emprego | Análise baseada na tabela de emissões |
| Custos do capital e de funcionamento | Efeito multiplicador | -Emprego | Análise através de multiplicadores Keynesianos (incorporação dos efeitos do consumo de energia final) |

Os impactes estudados neste caso são relativamente díspares e complexos, estando grande parte deles associados às emissões atmosféricas. Vários factores concorrem para a dificuldade de fazer avaliação. Por um lado, como vimos no capítulo anterior, o estado do conhecimento científico ainda não permite oferecer modelos e ferramentas capazes de, uniformemente para todas as matérias, conceber informação

exacta e credível. Por outro lado, os dados de base são muitas vezes inexistentes ou de má qualidade (nomeadamente no caso Português). A dificuldade de encontrar informação de base sistematizada e apropriada ao desenvolvimento da análise física de impactes, constitui à partida um elemento muito limitativo ao processo de investigação. Em consequência, a utilização de modelos que requerem grandes volumes de dados (modelos ecológicos) tem de ser muitas vezes rejeitada. Por outro lado, a existência de estudos de referência nalgumas matérias é pequena e de difícil transferência para novas situações, nomeadamente quando não existem funções dose-resposta específicas para Portugal, que incorporem possíveis sinergias e efeitos antagónicos entre poluentes e receptores deverá ser melhorada no futuro.

Na avaliação económica, a falta de informação de base é desde logo um elemento de dilação e que, por vezes, nem sequer permite o recurso à transferência de benefícios. No quadro acima expusemos os métodos de avaliação económica conhecidos que, teoricamente, seriam aplicáveis, no caso de dispormos de tempo e recursos para os realizar.

No domínio da energia, nomeadamente na utilização dos combustíveis fósseis e de algumas fontes de energia renováveis (nomeadamente biomassa), os principais impactes fazem-se sentir através das emissões para a atmosfera. Assim, todo o conjunto de receptores, como seja o homem, as culturas agrícolas, as florestas e todos os ecossistemas naturais seriam analisados através dos métodos de avaliação contingencial, funções dose-resposta; e contabilização pelos preços de mercado nacionais (no caso de existirem dados). Como veremos nos quadros a seguir, a informação relativamente à saúde humana é contabilizada segundo métodos expeditos baseados nas admissões hospitalares, dias de actividade restrita, ataques de asma, etc.

Pelas suas características, salienta-se ainda a utilização dos métodos de preços hedónicos e dos custos preventivos, particularmente nos casos da avaliação do ruído e do desgaste das estradas.

A exiguidade de exemplos de avaliação económica de externalidades associadas ao sector energético em Portugal, aliada à falta de valores monetários transferíveis de outros trabalhos estrangeiros podem ainda constituir adversidades à finalização dos estudos. Face ao exposto, salientamos mais uma vez a necessidade de proceder à realização de trabalhos de avaliação contingencial e hedónica para projectos de energia, com vista a um melhor conhecimento da reacção da população e para a disponibilização de estudos de referência ao nível nacional.

Às dificuldades apontadas acima deverá ainda juntar-se a falta de tempo e recursos e consciência ambiental para levar acabo este tipo de investigação.

No quadro 5-5 estão definidos os impactes que parecem ser os mais significativos para este projecto. Porém, apenas alguns chegarão à fase de avaliação económica por todas as restrições já apontadas. Segundo a metodologia desenvolvida no capítulo anterior, para a identificação dos **impactes a avaliar**, estes deverão ser submetidos a triagens segundo critérios de significância, magnitude e incerteza.

Assim, fazendo base na metodologia apresentada no capítulo anterior, prevemos que será inviável estimar o valor físico do aquecimento global, devido à incerteza a ele associada, exiguidade de informação de base e de modelos para a sua execução e eventualmente recursos para o fazer. Por outro lado, a pequena significância de alguns efeitos sobre a saúde humana, nomeadamente de origem na poluição atmosférica, aliada à não existência de modelos de características tão específicas, não permitirá a sua consecução.

A falta de informação de base, recursos e modelização para estimar os efeitos provocados pela alienação das cinzas, aliada a alguma incerteza associada a este tipo de impactes, e possivelmente a falta de recursos para levar a cabo investigação de raiz, poderá constituir uma barreira à sua avaliação. O suporte em eventuais estudos já desenvolvidos pode servir de apoio.

Os impactes de origem na utilização das estradas, ruído, acidentes e mão-de-obra não deverão criar grandes dificuldades, porém a informação de base poderá ser de fraca qualidade.

A técnica da transferência de benefícios poderá constituir uma boa ajuda neste trabalho.

Apresentamos de seguida os resultados obtidos no estudo a que nos reportamos (cf. com Quadro 5-6). Assim, se por um lado podem ter sido subestimados os impactes associados ao transporte e processamento de combustível (pequena significância) face ao projecto em geral, por outro poderá ser advogada a não existência de modelos matemáticos para o seu cálculo (criador de incerteza). Mas, acima de tudo, há que reparar nos impactes que desde logo foram considerados mínimos e que não foram sequer considerados na avaliação física (vidé os impactes ecológicos associados à deposição ácida, na fase de geração de electricidade).

Pelo contrário, um impacte facilmente mensurável e com consequências previsíveis mas desde cedo abandonado foi o ruído, que até é considerado elevado na fase de processamento do combustível.

Verificamos que existe concordância em questões como o aquecimento global e impactes ecológicos, pois são exemplos de situações em que também reside ainda muita incerteza, relativamente aos seus responsáveis e às consequências desses efeitos (vidé fase de geração de electricidade).

Os efeitos sobre as culturas agrícolas e sobre solo são também muito incertos face ao estado de conhecimento e dependentes das características locais, pelo que ainda que tenham sido conseguidos valores para estes impactes, eles deverão ser considerados como meras estimativas que poderão ser melhoradas numa possível actualização daquele trabalho.

Outros impactes ficaram por estimar devido à fraca significância, magnitude e falta de informação de base, como sejam os efeitos na visibilidade e danificação do material.

Os aspectos relacionados com o emprego foram também avaliados, sendo no entanto de salientar a fraca qualidade da informação de base para a sua concretização. Ou seja, mais uma situação a ser melhorada.

Em conclusão, no exemplo aqui apresentado deve referir-se que foi desenvolvido um esforço de avaliação física baseado em funções dose-resposta de estudos de referência estrangeiros, nomeadamente para a saúde humana e impactes nas culturas agrícolas.

Na execução deste exemplo, as restrições foram significativas, nomeadamente pela não aplicação de métodos de avaliação económica, que se deveu a exiguidade de tempo e de recursos afectos ao projecto. Foram sim utilizados critérios de outros estudos, razão pela qual se optou pela criação de cenários diferentes de ocorrências, no sentido de oferecer um maior leque probabilidades.

Pode concluir-se que a avaliação económica constitui um processo que vale a pena executar, contudo devido à sua onerosidade e aos recursos que exige, há que estabelecer os passos prévios de forma sistematizada e escolhendo os impactes mais significativos. No que se refere ao caso de estudo aqui apresentado, verificamos que ainda que não tenha sido executada a análise da forma organizada que anteriormente defendemos, este acaba por incorrer nesta ordem.

Quadro 5-6 Quantificação física e económica de impactes

| Estádio da fileira e impacte | Impactes físicos | Cenários custos (mECU/kWh) | | |
|---|------------------|----------------------------|---------|---------|
| | Quantidade | Baixo | Médio | Alto |
| <u>Transporte do combustível</u> | | | | |
| SO2, PM10 e NOx na morbidez | N.D. | | | |
| PM10 e CO na mortalidade | N.D. | | | |
| Ozono na morbidez e produtividade das culturas | N.D. | | | |
| <u>Processamento do combustível</u> | | | | |
| SO2, PM10 e NOx na morbidez | N.D. | | | |
| PM10 e CO na mortalidade | N.D. | | | |
| Ozono na morbidez e produtividade das culturas | N.D. | | | |
| <u>Geração de electricidade, tratamento de gases e cinzas</u> | | | | |
| Potencial do CO2 no aquecimento global | N.D. | | | |
| SO2 na morbidez: | | | | |
| Número de dias de tosse em crianças | 69 oc./ano | 0.00061 | 0.00116 | 0.00165 |
| Problemas respiratórios em adultos | 60 oc./ano | 0.00064 | 0.00127 | 0.00184 |
| Aumento das consultas hospitalares de emergência | | | | |

| | | | | |
|---|----------------------|---------|---------|---------|
| admissões hospitalares por COPD | 0.036 oc./ano | N.D. | N.D. | N.D. |
| Impactes ecológicos devido a SO ₂ /deposição ácida | mínimo | | | |
| Impactes ecológicos devido a NO _x | N.D. | | | |
| NO_x na morbilidade: | | | | |
| Número de novos episódios de catarro em adultos | 138 oc./ano | N.D. | N.D. | N.D. |
| Numero de novas dores de garganta em adultos | 582 oc./ano | N.D. | N.D. | N.D. |
| Número de novos episódios de irritação ocular em adultos | 462 oc./ano | N.D. | N.D. | N.D. |
| Partículas (PM10) na mortalidade: | 0.171 oc./ano | 1.20 | 1.49 | 1.79 |
| Partículas (PM10) na Morbilidade: | | | | |
| Admissões hospitalares por problemas respiratórios | 1.45 oc./ano | 0.0 197 | 0.0 322 | 0.0 444 |
| Consulta hospitalar de emergência | 3.36 oc./ano | 0.0 011 | 0.0 021 | 0.0 031 |
| Dias de actividade restrita | 820 oc./ano | 0.1 066 | 0.1 720 | 0.2 702 |
| Dias com qualquer sintoma respiratório | 29238 oc./ano | 0.4 924 | 0.6 192 | 0.7 763 |
| Episódios de sintomas respiratórios superior | 57 oc./ano | N.D. | N.D. | N.D. |
| Bronquite crónica em crianças | 4.46 oc./ano | 0.0 010 | 0.0 021 | 0.0 031 |
| Tosse crónica em crianças | 5.13 oc./ano | N.D. | N.D. | N.D. |
| Ataques de asma | 3 506 oc./ano | 0.1 868 | 0.3 689 | 0.5 483 |
| Danificação do material | N.D. | | | |
| visibilidade | N.D. | | | |
| Ozono na morbilidade: | | | | |
| Dias de actividade restrita por problemas respiratórios | 13.3 1000 oc./ano | 0.901 | 2.79 | 4.70 |
| Dias com qualquer sintoma | 29.6 1000 oc./ano | 0.316 | 0.346 | 0.373 |
| Dias com ataque de asma | 4.3 1000 oc./ano | 0.262 | 0.454 | 0.652 |
| Dias de irritação ocular | 32.5 1000 oc./ano | 0.114 | 0.134 | 0.158 |
| Dias com tosse | 13.7 1000 oc./ano | 0.0 303 | 0.0 437 | 0.0 605 |
| Tosse incidente | 54.9 1000 oc./ano | 0.178 | 0.232 | 0.286 |
| Falta de ar | 26.7 1000 oc./ano | 0.874 | 0.124 | 0.165 |
| Dores na inspiração | 22.1 1000 oc./ano | N.D. | N.D. | N.D. |

| | | | | |
|--|------------------------|----------|----------|----------|
| Ozono nas culturas: | | | | |
| Trigo | 28.6 t/ano | - | 1.20E-02 | - |
| milho | 43.8 t/ano | - | 2.17E-02 | - |
| centeio | 8.7 t/ano | - | 3.13E-03 | - |
| Arroz | 1.1 t/ano | - | 1.31E-03 | - |
| Aveia | 4.7 t/ano | - | 1.68E-03 | - |
| Cevada | 2.6 t/ano | - | 8.76E-04 | - |
| Feijão | 7.2 t/ano | 8.99E-03 | 1.09E-02 | 1.28E-02 |
| Feijão verde | 1.2 t/ano | - | 2.71E-04 | - |
| Batata | 192.8 t/ano | - | 6.10E-02 | - |
| Ervilha | 0.6 t/ano | - | 8.45E-04 | - |
| Feno | 176.7 t/ano | - | 2.65E-02 | - |
| Vinha | 958.6 t/ano | 8.31E-01 | 8.56E-01 | 8.82E-01 |
| Oliveira | 456.5 t/ano | 3.94E-01 | 4.76E-01 | 5.75E-01 |
| Cinzas | N.D. | | | |
| <u>Outros impactes</u> | | | | |
| Emprego: | | | | |
| Directo | 125 nº emp./ano | | | |
| Indirecto | 1445.2 nº emp./ano | | | |
| Danificação das estradas (redução do período de vida da estrada) | 4.27 % | | 0.0 826 | |
| Fatalidades sobre a saúde pública e ocupacional: | | | | |
| Transporte por estrada | 0.179 acidentes/ano | | 1.56 | |
| Floresta | | | | |
| Funcionamento da indústria | 0.001 acidentes/ano | | | |
| Construção/desmantelamento da Central | 0.034 acidentes/ano | | 9.62E-03 | |
| Ferimentos no público e trabalhadores: | | | | |
| Transporte por estrada | 5.422 acidentes/ano | | 3.48E-04 | |
| Funcionamento da indústria | | | | |
| Construção/desmantelamento da Central | | | | |

Notas: COPD = Chronic Obstructive Pulmonary Disease

oc. = ocorrências

t = toneladas

N.D = Não disponível

Como se verificou, ainda que existam alguns modelos e métodos de quantificação física e económica disponíveis, há ainda muito trabalho a desenvolver, pois os resultados encontrados são ainda dotados de muita incerteza. O nosso conhecimento do futuro é demasiado impreciso para que possamos calcular, nalgumas matérias, estimativas com fiabilidade, sendo assim necessário melhorar os métodos de forma a incorporarem a incerteza, ser melhorada a qualidade dos dados de base, nomeadamente na forma como os parâmetros do local influenciam os impactes, pois há que nunca esquecer que cada impacte é específico do local onde ocorre, nas condições em que ocorre.

Por outro lado, apesar de, nalguns casos, avanços na avaliação monetária sejam necessários, noutros, a avaliação económica não deverá ser o objectivo a curto-prazo. Isto é, a avaliação económica é uma ferramenta importante, mas outros instrumentos de comparação de impactes são também necessários.

A sustentabilidade ambiental está na ordem do dia de muitos políticos de hoje, e a avaliação económica de impactes poderá constituir uma boa informação no apoio à comparação de acções, apesar do grande volume de informação de base e dos avanços necessários em muitas disciplinas. Contudo, pensamos que com a metodologia atrás desenvolvida, poder-se-à executar os processos de avaliação económica de forma sistematizada e segundo critérios de selecção dos impactes verdadeiramente significativos, de forma ao analista não ser induzido em análises irrelevantes.

Conclusão

A insuficiência dos factores tradicionais na caracterização das actividades económicas, aliada à preocupação pela preservação do ambiente e à melhoria do bem-estar social, têm conduzido ao nascimento novas correntes no pensamento económico. A percepção dos custos sociais e a tentativa de internalização dos custos externos, constituem uma das maiores preocupações dos economistas do ambiente.

A forma encontrada para fazer converger as preocupações ambientais com os princípios de mercado, consiste em reduzir ao mesmo denominador comum as funções dos dois sistemas. Ou seja, e por comodidade, utilizar a unidade monetária.

Qualquer indivíduo associa valor aos bens de base produtiva e de fonte de bem-estar, todavia, a sua determinação, no caso dos bens de não-uso, constitui uma tarefa penosa. A atribuição de uma valia aos efeitos da poluição sobre o ambiente não é muitas vezes uma questão simples nem de rápida execução, pois a ciência não é ainda detentora de conhecimento tão avançado que permita compreender e modelizar todas as relações físicas que se operam no ambiente. A economia do ambiente, por seu turno, tem vindo a fazer doutrina através do desenvolvimento e experimentação de modelos de avaliação de danos e benefícios ambientais, no sentido de conseguir criar ferramentas de gestão do tipo custo-eficácia e custo-benefício.

A utilização de energia apresenta-se como uma das actividades económicas mais poluentes e de extrema dependência da exploração e degradação dos recursos naturais, pelo que acreditamos ser importante promover uma análise de cariz económico e ambiental junto dos responsáveis por este tipo de projectos, programas ou planos. Assim, constituíram os principais objectivos desta dissertação: chamar a atenção para a necessidade de avaliação dos impactes associados à actividade do aproveitamento de energia; identificar e sistematizar os principais conceitos e correntes de pensamento associados à economia ambiental; coligir as diferentes metodologias disponíveis de avaliação económica de externalidades ambientais, realçando as suas características e deficiências e, finalmente, construir um processo de apoio à decisão sobre empreendimentos de uso de energia.

A título de conclusão, gostaríamos de realçar os seguintes pontos deste trabalho:

1. A utilização de energia pode incorrer em fortes impactes ambientais, por isso, importa motivar os responsáveis do domínio energético para tomar em atenção a problemática ambiental e os actores ao nível do ambiente para as especificidades do sector energético.

2. A análise económica tradicional considerava apenas as questões económico-financeiras e tecnológicas na avaliação de projectos de energia, pelo que é importante fazer integrar as preocupações ambientais na avaliação de projectos, nomeadamente através da análise das externalidades.
3. A aplicação das metodologias (físicas e económicas) de avaliação de impactes ambientais têm limitações, são onerosas, exigem recursos e podem sofrer pela exiguidade de informação de base. As barreiras ao desenvolvimento da análise de impactes ambientais não são sempre de natureza científica, mas poderão surgir constrangimentos de origem política e organizacional. Verificámos que a informação de base de trabalho ambiental é muitas vezes precária, incerta e criadora de dificuldades na construção e processamento dos instrumentos de avaliação física e económica de impactes ambientais. Esta consideração é particularmente evidente no caso português pois, tal como referido pelos especialistas e na bibliografia consultada, a informação de base em Portugal necessita de ser sistematizada, concentrada e actualizada, para poder ser adequadamente reunida em bases de dados e facilmente aplicada em modelos.
4. Propusemos uma metodologia de análise das externalidades associadas às fileiras energéticas, que permite identificar e organizar os impactes incorridos nos projectos e incorporar as restrições da análise até à avaliação económica. Pretende-se que neste tipo de estudos, sejam exploradas as sinergias entre impactes, no sentido de utilizar racionalmente os recursos disponíveis à avaliação e conseguir prever a existência de entraves institucionais à execução da análise.
5. A aplicação do caso de estudo permitiu ilustrar a metodologia desenvolvida e a justificação da sua utilização enquanto instrumento de apoio ao processo de decisão.
6. Explorámos ainda a vertente da sistematização e organização dos métodos de avaliação económica de externalidades, argumentados por diferentes autores, notando a existência uma certa ausência de consenso na classificação dos mesmos. Tentámos sistematizar as diferentes opiniões de organização dos métodos, no sentido de mostrar uma imagem mais clara das suas características.
7. Identificámos os principais impactes a ter em consideração na avaliação de projectos de energia, por tipo de recurso utilizado, reconhecendo que em todas as fileiras há trabalho a desenvolver. Em Portugal, a consciência ambiental associada aos problemas energéticos, tanto do lado da oferta como do lado da procura, dá os primeiros passos, o que nos faz sentir algumas vezes descompassados com países mais desenvolvidos (nomeadamente referente a informação de base e modelização física e económica).
8. Chamamos atenção para as barreiras e desvios à realidade em que o analista poderá ser induzido, tanto pela utilização de outros estudos (transferência de benefícios), como, mais uma vez, pela influência de motivações políticas.

-
9. Reconhecemos que a unidade monetária enquanto factor de valorização constitui antes de mais uma conveniência, não devendo a avaliação económica representar um fim em si mesma. Isto é, outros termos de avaliação diferentes do dinheiro deverão ser encontrados.
 10. O objectivo último da avaliação económica consiste em dotar a classe política e/ou decisora da informação necessária à implementação de medidas de conservação do ambiente e dos recursos naturais, assim, de todas as ferramentas económicas, fiscais e legislativas disponíveis, deverá ser escolhida a melhor combinação, com a finalidade de imprimir uma maior eficácia ao governo de uma região, país ou conjunto de países.
 11. No intuito de dar continuidade a esta análise, defendemos que seria interessante aplicar os modelos e metodologias de avaliação económica aqui estudados à vertente da procura de energia, nomeadamente às externalidades associadas às medidas de utilização racional de energia.

Por fim, pensamos que este trabalho poderá ser útil aos políticos de energia, gestores de empresas produtoras de energia eléctrica, responsáveis pelo ambiente ao nível da decisão ou das empresas e a todos os interessados em conhecer o desempenho e consequências da utilização das diferentes tecnologias e recursos energéticos.

Bibliografia

ALVAREZ, M. C.; ALONSO, J. A.; La Erosion del Suelo *in Agricultura y Medio Ambiente*, Servicio de Estudios BBV (Ed.), Bilbao, 1994.

ANEX, R.; "A Travel Cost Method of Evaluating Household Hazardous Waste Disposal Services"; *Journal of Environmental Management*, 45, 1995, pp. 189 - 198.

ARNOLD, Frank S.; *Economic Analysis of Environmental Policy and Regulation*. John Wiley & Sons, Inc.; New York, 1995.

AVÉROUS, Christian; "La Protection de L'Environnement dans les Pays Développés". *Economie et Statistique*, No. 258-259, Out.- Nov. 1992. pp77-84.

AZQUETA, Diego; FERREIRO, Antonio; *Análisis Económico y Gestion de Recursos Naturales*. Alianza Editorial; Madrid, 1994.

BARDE, Jean-Philippe; *Économie et Politique de L'environnement*. L'Economiste; Presses Universitaires de France; Paris, 1991.

BARRETO, Luís S. ; *O Ambiente e a Economia*. Secretaria de Estado do Ambiente; 2ª edição; Lisboa, 1987.

BENESTAD, Olav; "CO₂ Emissions: An Ethical Basis for National Quotas". *Energy Policy*. University of Oslo, 1992.

BONNAFOUS, Alain; "Transports et Environnement. Comment Valoriser et Maîtriser les Effects Externes?". *Economie et Statistique* No. 258-259, Out.- Nov.1992. pp121-128.

BOUCHER, Jaqueline; VALETTE, Pierre; "The EC/US Project on External Costs of Fuel Cycles"; *Proceedings of the Expert Workshop on Life-Cycle Analysis of Energy Systems*. IEA - OECD - OCDE; Paris, 21-22 May, 1992. pp.197 - 211.

BUCHANAN, J. M.; "External Diseconomies, Corrective Taxes and Market Structure"; *American Economic Review*, 1969.

BURNIAUX, J-M., MARTINS, O.; "Effect de Serre et Relations Nord-Sud; Enjeux et Difficultés D'un Accord Global". *Economie et Statistique* No. 258-259, Out.- Nov.1992. pp55-68.

BUTTON, Kenneth; "Unresolved Questions of Environmental Valuation"- *Transport, the Environment and Sustainable Development*. E&FN SPON, Oxford, 1993.

CEEETA; *Energia e Ambiente - Impactes Ambientais: Avaliação Ambiental e Avaliação Económica*. ISEG. Abril, 1988.

CEEETA; *External Costs of Biomass Fuel Cycle*. CEC e DG XII. Dezembro 1993.

CHATELUS, Michel; FONTANEL; *Dix Grands Problèmes Économiques Contemporains*. L'Economie en Plus; Presses Universitaires de Grenoble; Grenoble, 1993.

CLARK, D.; NIEVES, L.; "An interregional Hedonic Analysis of Noxious Facility Impacts on Local Wages and Property Values"; *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, 1994; pp. 235 - 253.

DALY, Herman E.; "Allocation, Distribution, and Scale: Towards an Economics that is Efficient, Just and Sustainable"; *Ecological Economics*, No. 6; 1992; pp. 185 - 193.

DALY, Herman E.; "U.N. Conferences on Environment and Development: Retrospect on Stockholm and Prospects for Rio"; *Ecological Economics*, No. 5; 1992; pp. 9 - 14.

DECAESTECKER, J-P; ROTILLON, Gilles; "Regards sur L'Economie de l'Environnement"; *Economie e Prospective Internationale*, La documentation Française, No. 53, 1993.

DENIS; Henri; *História do Pensamento Económico*. Livros Horizonte, Lda.; 7ª Edição; Lisboa; 1993.

DESVOUGES; William H.; NAUGHTON; Michael C.; PARSONS; George; "Benefit Transfer: Conceptual Problems in Estimating Water Quality Benefits Using Existing Studies"; *Water Resources Research*; Vol. 28; No. 3; pp. 675-683; March 1992.

DIRECTORATE GENERAL FOR ENERGY (DGXVII); *Energy - Consequences of the Purposed Carbon/Energy Tax*. Supplement to *Energy in Europe*. CCE. Fevereiro, 1993.

DIXON; John A.; et. al.; *Economic Analysis of Environmental Impacts*; Earthcan Publications; London; 1995.

ENCO; *External Costs of Fuel Cycles - National Implementation of Hydroelectric Fuel Cycle in Norway*; Report Prepared for DGXII of the European Commission; April 1994.

EUROPEAN COMMISSION; *ExternE - Externalities of Energy*. Vol 1 (Summary); DGXII; 1995.

FAUCHEUX; Sylvie; NOEL; Jean-François; *Économie des Ressources Naturelles et de L'Environnement*. Collection U, Série Économie; Armand Colin; Paris, 1995.

FERNANDES, S. P.; "Valorização Económica de bens providos pelo ambiente". *Proceedings da Conferência Nacional do Ambiente*, 1994.

FERREIRA; João de Jesus; FERREIRA; Teresa de Jesus; *Economia e Gestão da Energia*. Textos de Gestão; Texto Editora; Lisboa, 1994.

FIELD; Barry C.; *Environmental Economics - An Introduction*. Mc Graw Hill; New York; 1994.

GARROD, G.; WILLIS, K.; "Valuing Good's Characteristics: an Application of Hedonic Price Method to Environmental Attributes"; *Journal of Environmental Management*, 34, 1992, pp. 59 - 68.

GASTALDO, Sylviane, et al.; "Les Instruments des Politiques d'Environnement". *Economie et Statistique*, No. 258-259, Out.- Nov.1992. pp. 27-34.

GASTALDO; Sylviane ; "L'Effect de Serre: Pourquoi une Approche par la Tarification?". *Economie et Statistique*, No. 258-259, Out.- Nov.1992. pp. 45-54.

GASTALDO; Sylviane; "Les Droits à Polluer aux États Unis". *Economie et Statistique*, No. 258-259, Out.- Nov.1992. pp. 35-41.

- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas; *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge, Mass.: Harvard University, 1971.
- GICQUEL; Renaud; *Introduction aux Problemes Energetiques Globaux*. Collection Biblioteque des Matières Premières; Economica; Paris, 1992.
- GOODMAN, Allen; "Measuring Willingness-to-Pay with Factorial Survey Methods: A Reply"; *Journal of Environmental Economics and Management*. No. 22, 1992.
- GOODSTEIN, Eban S.; *Economics and the Environment*. Prentice Hall, Englewood Cliffs (New Jersey); 1995.
- GOODWIN, Phil; "Efficiency and the Environment: Possibilities of a Green-Gold Coalition" - *Transport, the Environment and Sustainable Development*. E&FN SPON, Oxford, 1993.
- GREEN, C H; TUNSTALL, A; ROGERS, A; "Economic Evaluation of Environmental Goods", *Project Appraisal*, volume 5, No. 2, Junho 1990.
- GRIFFIN James M.; STEELE; Henry B.; *Energy Economics and Policy*, Academic Press, Inc.; New York, 1980.
- HAGEM, Catherine; "Cost-Effective Climate Policy in a Small Country"; *The Energy Journal*, Volume 15 (4), 1994, pp. 119- 139.
- HANLEY, Nick; SPASH, Clive; *Cost-Benefit Analysis and the Environment*. Edward Elgar Publishing Limited; Hants, 1993.
- HANLEY, Nick; SPASH, Clive; WALKER, L.; "Problems in Valuing the Benefits of Biodiversity Protection"; *Environmental and Resource Economics*, 5, 1995, pp. 249-272.
- HJALTE, Krister, et al.; *Environmental Policy and Welfare Economics*. Cambridge University Press. 1977.
- HODGE, Ian; *Environmental Economics - Individual Incentives and Public Choices*. Economics Today; Andrew Leake (Ed.); London, 1995.
- HOWE, Charles W.; *Natural Resource Economics. Issues, Analysis and Policy*, New York, John Wiley & Sons, 1979.
- JOHANSSON, P. O.; "Valuing Environmental Damage"; *Oxford Review of Economic Policy*, No. 6 (1); 1990. pp. 34 - 50.
- JOHANSSON; P. O.; "Valuation Agregation"; in PETHIG R. (ed.); *Valuing the Environment: Methodological and Measurement Issues*, Kluwer Academic Publishers; Dordrecht, 1994.
- KAHN, J.; BUERGER, R.; "Valuation and the Consequences of Multiple Source for Environmental Deterioration: the Case of the New York Striped Bass Fishery", *Journal of Environmental Management* 40, 1994, pp. 257 - 273.
- KAHNEMAN, Daniel; KNETSCH, Jack; "Valuing Public Goods: the Purchase of Moral Satisfaction". *Journal of Environmental Economics and Management*. n°22, 1992.

- KLINK, Federico Aguilera; ALCÁNTARA; Vicent; *De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica*. Economía Crítica; Icaria: Fuhem (Ed.); Barcelona, 1994.
- KRUPNICK, A. J.; HARRINGTON, W.; OSTRO, B. D.; "Ambient Ozone and Acute Health Effects: Evidence from Daily Data", *Journal of Environmental Economics and Management*, 18, 1990, pp. 1 - 18.
- KWAK, S.; RUSSELL, C.; "Contingent Valuation in Korean Environmental Planning: A Pilot Application to the Protection of Drinking Water Quality in Seoul"; *Environmental and Resource Economics*, 4, 1994, pp. 511 - 526.
- LICHFIELD, Nathaniel; "Problems of Valuation Discussed"- *Transport, the Environment and Sustainable Development*. E&FN SPON, Oxford, 1993.
- LIU, Paul Ih-Fei; *Introduction to Energy and the Environment*. Van Nostrand Reinhold, New York, 1993.
- MARKANDYA, Anil; RHODES, B.; *External Costs of Fuel Cycles. An Impact Pathway Approach*. Metroeconomica Ltd, Junho 1992.
- MARTIN; Jean-Marie; *Économie et Politique de L'Énergie*. Cursus; Armand Colin (Ed.); Paris, 1992.
- McCONNELL; Kenneth E.; "Indirect Methods for Assessing Natural Resource Damages under CERCLA"; *Valuing Natural Assets - The Economics of Natural Resource Damage Assessment*; Raymond Kopp and Kerry Smith (Ed.); Wasington, 1993. pp. 149 - 192.
- MEADE, E. J.; "External Economies and Diseconomies in a Competitive Situation"; *Economic Journal*, 1952.
- MEADE; E.J.; *The Theory of Externalities - The Control of Environmental Pollution and Other Social Costs*; AW Sijthoff, Leiden, 1973.
- MIE; *Plano Energético Nacional, Documentos, Parte III - Evolução da Oferta de Energia e Análise de Impacto :* " Incidência ambiental da evolução do sistema energético , emissões de SO₂, NO_x, CO₂, 1990-2010". Secretaria de Estado da Energia, Lisboa, 1992.
- NAÇÕES UNIDAS; *La Pollution Atmosphérique Transfrontière*. Études sur la pollution atmosphérique n°2. Nova Iorque, 1985.
- NIJKAMP, Peter; VOLWAHSEN, Andreas; "New Direction in Integrated Regional Energy Planning"; *Energy Policy*, October 1990; pp. 764 - 773.
- NORGAARD, Richard; "Coevolutionary Development Potential", *Land Economics*, 60 (2), 1984.
- OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY; RESOURCES FOR THE FUTURE; *Damages and Benefits of the Biomass-to-Electricity Fuel Cycle: Estimation Methods, Impacts and Values*; US Department of Energy and European Commission; 1992.
- OCDE; *Dados sobre o Ambiente*; Compendium 1991.
- OTTINGER, Richard; *Major Issues in Valuing and Incorporating Environmental Externalities*. Pace University Center for Environmental Legal Studies, 1993.

OTTINGER; Richard; "Incorporating Externalities - The Wave of the Future"; *Proceedings of the Expert Workshop on Life-Cycle Analysis of Energy Systems*; IEA - OECD - OCDE; Paris, 21-22 May, 1992. pp. 54 - 59

OTTINGER; Richard; et. al.; *Environmental Costs of Electricity*; Oceana Publications, New York, 1990.

OYARZUN; Diego Azqueta; *Valoración Económica de la Calidad Ambiental*. Mc Graw Hill, Madrid, 1994.

PEARCE, David W.; TURNER, R. Kerry; *Economics of Natural Resources and the Environment*. Harvester Wheatsheaf, Hertfordshire, 1990.

PEARCE; David W.; *Environmental Economics*. Longman; Londres, 1976.

PEARCE; David W.; MARKANDYA, Anil; *L'Évaluation Monétaire des Avantages des Politiques de L'Environnement*. OCDE, Paris, 1989.

PERCEBOIS, Jaques; *Economie de L'Energie*. Collection des Matières Premières; Economica; Paris, 1988.

POINT, Patrick; "Les Services Rendus par le Patrimoine Naturel: Une Évaluation Fondée sur des Principes Économiques". *Economie et Statistique* n°258-259, Out.- Nov.1992. pp. 11-18.

PORRITT; Jonathon; et. al.; *Energy and the Environment*. Bryan Cartledge; Oxford University Press; New York, 1993.

QUINET, Emile; "Can we Value the Environment" - *Transport, the Environment and Sustainable Development*. E&FN SPON, Oxford, 1993.

RIECHMAN, Jorge; et. al.; *De la Economía a la Ecología*. Editorial Trotta - Fundación 1º de Mayo; Madrid; 1995.

ROBERTS, T. M.; "Effects of Air Pollutants on Agriculture and Forestry"; *Atmospheric Environment*, 18, 1984, pp. 629 - 652.

ROMERO, Carlos; *Economía de los Recursos Ambientales y Naturales*. Alianza Economía; Alianza Editorial (Ed.); Madrid, 1994.

SAMUELSEN, G. S.; Air Quality Impact Analysis in *Environmental Impact Analysis Handbook*, J. G. Rau & D. C. Wooten Eds. Mc Graw Hill Book Company, New York, 1980.

SAMUELSON, Paul A.; NORDHAUS, William D.; *Economía*. Mc Graw Hill; Décima Quarta Edição; 1993.

SCHULZE, P.; "Cost-Benefit Analysis and Environmental Policy". *Ecological Economics*, 9, 1994.

SCHWARZ. J.; DOCKERY, D.W.; "Increased Mortality in Philadelphia Associated with Air Pollution Concentrations", *American Review of Respiratory Disease*, 145, 1992, pp. 600 - 604.

SMITH, Kerry; "On Separating Defensible Benefit Transfers From "Smoke and Mirrors""; *Water Resources Research*, Vol. 28; n° 3; 1992; pp. 685 - 694.

SMITH, V.; "Nonmarket Valuation of Environmental Resources : An Interpretive Appraisal". *Land Economics* 69 (1), 1993, pp 1-26.

SMITH; Hilary; "EC/US External Costs of Fuel Cycles Study: One Policy Perspective"; *Proceedings of the Expert Workshop on Life-Cycle Analysis of Energy Systems*. IEA - OECD - OCDE; Paris, 21-22 May, 1992. pp. 212 - 218

SOLOW, Robert M.; "On the Intergenerational Allocation of Natural Resources", *Scandinavian Journal of Economics*, n° 88 (1)

STARKIE; D. M.; JOHNSON, D. M.; *The Economic Value of Peace and Quiet*. Lexington, Saxon House; 1975.

TIETENBERG; Tom; *Environmental and Natural Resource Economics*. Harper Collins College Publishers; Fourth Edition; New York; 1996.

TILMAN; D. A.; Biomass Combustion in *Biomass: Regenerable Energy*, D. O. Hall and R. P. Overend (ed.), John Wiley, New York, 1987.

TURNER, R. Kerry; PEARCE, David W.; BATEMAN, Ian; *Environmental Economics - An Elementary Introduction*. Harvester Wheatsheaf; Hertfordshire, 1994.

TURNER, R. Kerry; "Environment, Economics and Ethics"; *Greening the World Economy*; Earthscan Publications Ltd; Londres, 1991.

WELLBURN, A.; *Air Pollution and Acid Rain: The Biological Impact*; John Wiley & Sons Inc.; New York, 1990.

WHITEHEAD, J. *et al.*; "Assessing the Validity and Reliability of Contingent Values: A Comparison of On-site Users , Off-site Users and Non-users". *Journal of Environmental Economics and Management*, 29, 1995, pp. 238 - 251.

WINPENNY; J.T.; *Values for the Environment - A Guide to Economic Appraisal*. Overseas Development Institute; 1991.

WRIGHT, David; *Biomass - A new future?*. CCE; Bruxelles, Dezembro, 1991.

